ISSN 1017-0863

農業部農業試驗所

技術服務 季刊

2025年6月
第36卷第2期

142
Vol.36 NO.2

臺灣番石榴生產碳足跡盤查

水稻秧苗胡麻葉枯病的發生與預防

應用透地雷達非破壞性量測樹木根部生質量

農試所研發小型菇類堆肥發酵裝置 操作省工省力更簡便

正是蜜桃成熟時！農試所新育成黃肉桃品種 提供消費新選擇

Technical Service Quarterly Bulletin
Taiwan Agricultural Research Institute

農業部農業試驗所技術服務季刊
Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture,
Technical Service Quarterly Bulletin. (Tech. Serv. Q. Bull. TARI)
第36卷第2期
中華民國114年6月出版

農業科研創新與加值的領航者
產業全方位技術方案的提供者

封面說明：本所成功研發小型菇類堆肥發酵裝置，包括桶槽和控制模組，且具智慧發酵控制，可搭配機械動力操作，節省40%翻堆步驟，達到75%省力和省工效果，特別適合小規模農場以及農業職校學生和一般民眾的實作教學，圖為高品質堆肥生產洋菇(詳情請見本期第35頁)。
◎圖/文 植病組 石信德

農業部農業試驗所技術服務季刊
出 版 者/農業部農業試驗所
創刊年月/民國79年3月
發 行 人：林學詩
總 編 輯：陳淑佩、呂椿棠
執行編輯：黃淑華
地　　址：台中市霧峰區中正路189號
網　　址：https://www.tari.gov.tw
電　　話：04-23302301~5
農民服務專線：04-23317456
技術服務季刊電子書：■本所學術典藏系統
■HyRead電子書平台
政府出版品展售門市：
■國家書店松江門市：台北市中山區松江路209號1樓
電話：(02)2518-0207
■五南文化廣場台中總店：台中市西區台灣大道二段85號
電話：(04)2226-0330
■五南政府出版品物流中心：台中市北屯區軍福七路600號
電話：(04)2437-8010
政府出版品網路門市：
國家書店網路書店：https://www.govbooks.com.tw
五南文化廣場網路書店：https://www.wunanbooks.com.tw
版權所有、轉載須經本所同意
定　　價：NT 50 元
GPN：2007900008
ISSN：1017-0863　　NT$50
承 印 者：農世股份有限公司
台中市漢口路3段55巷21號　04-22932036

目錄 Contents

園藝作物
■臺灣番石榴生產碳足跡盤查
江秀娥 林士豪 1

植物病理
■水稻秧苗胡麻葉枯病的發生與預防
陳繹年 陳美君 5

智慧農業
■稻作的智慧農業監測新技術-利用人工智慧（AI）建構褐飛蝨辨識系統的介紹
賴明信 曹懷文 黃守宏 9

機能產品
■利用環控設施生產植物蛋白之可行性探討
劉威廷 莊凱恩 黃裕榆 李柔誼 林盈甄 陳怡如 吳宗諺 14

農業化學
■應用透地雷達非破壞性量測樹木根部生質量
許健輝 鄭佳怡 賴俊融 顏淳阡 20

創新育成
■多元宣傳管道之公部門行銷策略分析:以農業創新育成中心招商媒合會為例
石光劭 陳昌岑 廖詳銘 25

出國報告
■美國國家植物種原系統(NPGS)參訪介紹
林延諭 曾馨儀 30

新聞訊息
■農試所研發小型菇類堆肥發酵裝置 操作省工省力更簡便
石信德 蔡志濃 35
■甘藷加工創新再升級！農試所攜手嘉大推出「益生菌甘藷粉」 提供健康新選擇
陸柏憲 方怡丹 36
■正是蜜桃成熟時! 農試所新育成黃肉桃品種 提供消費新選擇
黃群哲 陳逑 37

農試所官網　農試所學術典藏　農試所臉書粉絲團

臺灣番石榴生產碳足跡盤查

農試所產服中心 江秀娥 林士豪

一、前言

2050年淨零排放已是世界共同努力的目標，面對氣候變遷的威脅，必須加緊腳步落實各項減碳作為。農業部門在生產過程中，施用肥料、噴灑農藥及農機具使用等仍會造成溫室氣體的排放，雖然農業碳排放量僅占國家總體排放量2%左右，但受到衝擊最大，仍必須盡力配合減碳。減碳前要先進行碳足跡盤查，找出排放熱點，再研擬可行的碳排減量方案，才能有效率的達成減量目標。

番石榴為我國重要水果，據農糧署統計，2023年臺灣番石榴種植面積為8,006公頃，分布臺灣各縣市，總產量達18萬公噸。番石榴全年生產，廣受國人喜愛，近年亦不斷拓展外銷市場，為具有潛力的外銷果品。本文以番石榴主要品種珍珠拔為例，進行其生產階段的碳足跡盤查，並找出其碳排放熱點及研擬對應的減碳策略。

二、番石榴盤查邊界設定

若為申請碳標籤進行產品碳足跡盤查，必須依循環境部推動產品碳足跡管理要點之規定，引用適當的碳足跡產品類別規則，進行產品完整生命週期五大階段的碳排放量盤點。番石榴可依據生鮮水果碳足跡產品類別規則V1.0版(2023.03.21核准，有效日期至2028.03.20)進行盤查，包含原料取得、製造、配送銷售、消費者使用及廢棄處理五個階段(圖一)。

然而，本文僅就番石榴的農場生產部分進行盤查，即產品生命週期的原料階段，但不包含包裝資材。詳如圖二紅框部分。

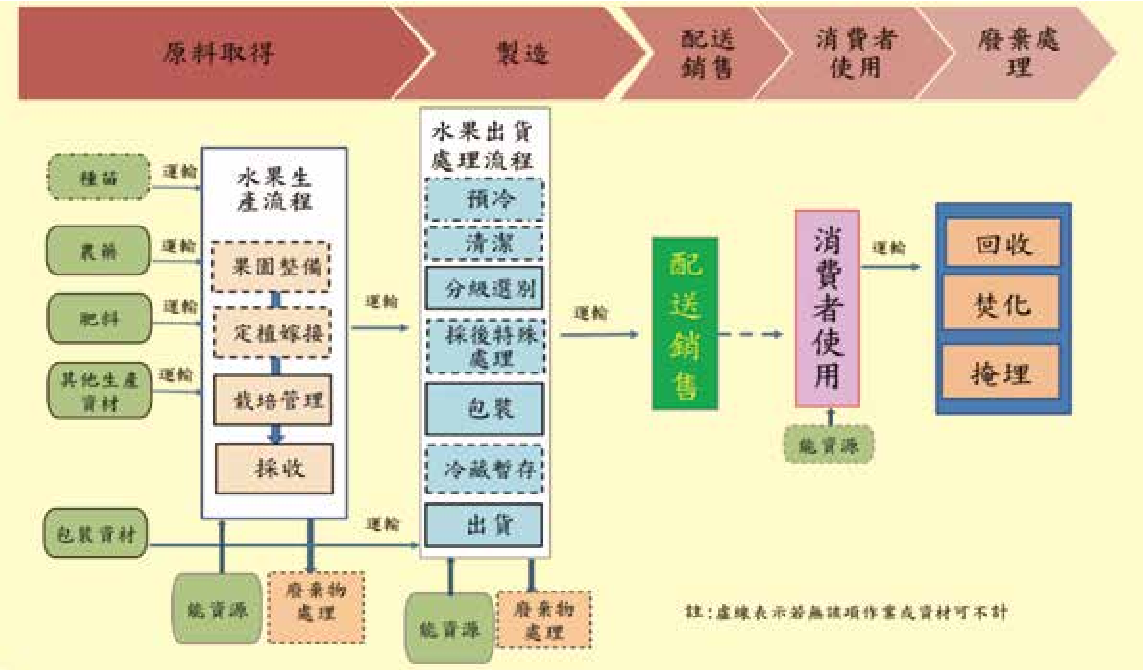
三、番石榴農場生產碳足跡盤查

番石榴的田間生產流程，包括修剪枝、施基肥、病蟲草害防治、灌溉、施追肥、套袋到最後採收，中間過程所需投入的能資源、材料、運送及廢棄物處理，都有可能造成碳排放，因此都必須加以盤查其使用量。為平衡不同生產者的管理操作手法差異，本文分別盤查高雄市燕巢區與彰化縣社頭鄉共3個農戶的生產投入資料，再加以平均計算。

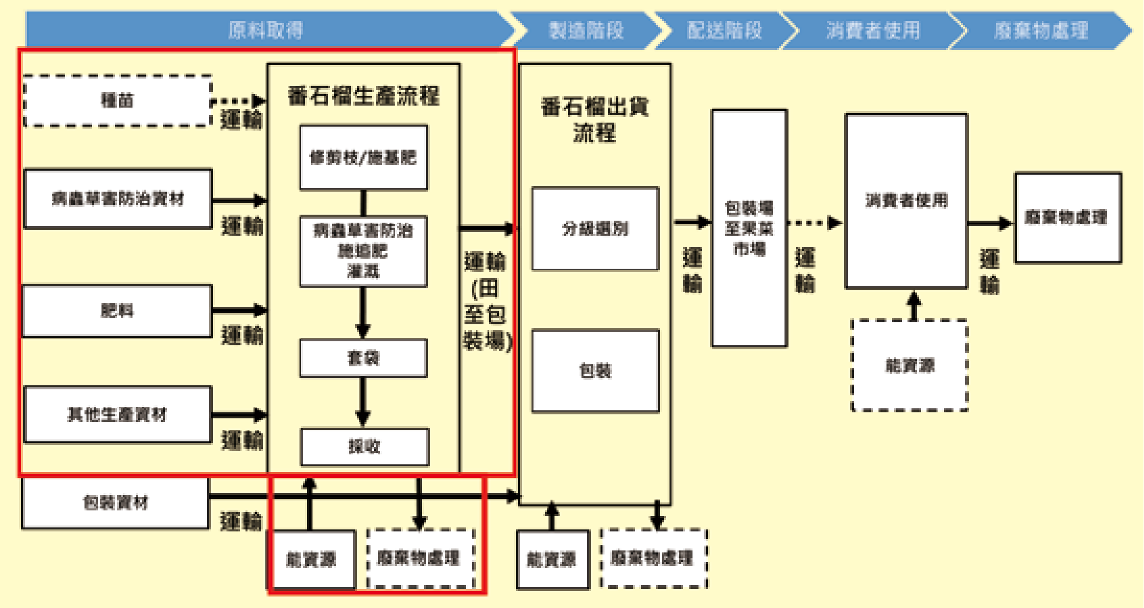
首先就種苗來看，由於番石榴是長期作物，種植後通常可連續管理採收數年，因此大多數農民皆未再投入種苗，故並未計入其種苗的活動數據。其次，

作　　者：江秀娥副研究員
連絡電話：04-23317652

修剪枝部分，則視農民管理模式而定，採隨時小幅度修剪，或產季結束時大規模修剪，其所使用的機具將耗用柴油或電力。肥料是生產番石榴最重要的投入資材，不同生產者會使用不同品牌的肥料，但重點為氮、磷、鉀三種肥料成分，因此依據各種肥料的N、P、K組成比例，盤點出其氮肥、磷肥與鉀肥的用



圖一、生鮮水果生命週期流程圖。資料來源:生鮮水果碳足跡產品類別規則V1.0版。



圖二、番石榴生命週期流程圖與盤查範圍。資料來源:本研究繪製。

量；另外，病蟲草害的防治方面，彙整使用農藥的品項，統整為殺菌劑、殺蟲劑及殺草劑。臺灣番石榴生產必須使用雙層套袋，包括一層舒果網(保麗龍網狀袋)與一層塑膠袋，以防護果實品質。

除了肥料、農藥與套袋等資材，灌溉、防治或施用液態肥料等需使用抽水馬達抽取地下水，則會耗用電力；採收時以小貨車從田間運送至包裝集貨場，則必須計算其里程數，還有各項資材自採購地點運輸至田間之距離也必須加以盤點。

以上所有能源、資源之使用量必須以有價值產品之產量進行分配。假設於1年內氮肥總使用量為300公斤，總產量為40公噸，則每公斤番石榴施用氮肥之活動數據用量為0.0075公斤。

蒐集活動數據後，必須找出各項能源、資材之碳排放係數，二者相乘後，才能獲得該項能源或資材之碳排放量。依據環境部推動產品碳足跡管理要點第十點附件三規定，碳排放係數之引用來源為:本土係數(碳足跡資料庫公用碳排放係數)、取得國內產品碳足跡標籤之產品、經第三方外部查證之產品、國際、國家或區域公告之碳足跡生命週期排放係數、生命週期評估軟體如Simapro資料庫或具公信力文獻。本文所引用之碳排放係數多數來自環境部碳足跡資訊網資料庫，目前共有1千多筆資料可用；其次為應用Simapro查找肥料、農藥之係數。

盤查結果詳如表一。3個農場平均每公斤番石榴農場生產之碳排放量為0.095 kgCO$_2$e，標準差為0.057 kgCO$_2$e。其中，

表一、番石榴農場生產碳排放量盤查結果表

活動內容	活動數據			碳排放量		
	能資源名稱	用量	單位	排放量	單位	占比
生產管理資材	氮肥	0.00203	公斤(kg)/公斤	0.00095	kgCO$_2$e/公斤	1.00%
	磷肥	0.00564	公斤(kg)/公斤	0.00127	kgCO$_2$e/公斤	1.33%
	鉀肥	0.00562	公斤(kg)/公斤	0.00069	kgCO$_2$e/公斤	0.73%
	其他成分	0.04573	公斤(kg)/公斤	0.00132	kgCO$_2$e/公斤	1.39%
	殺菌劑	0.00025	公斤(kg)/公斤	0.00228	kgCO$_2$e/公斤	2.39%
	殺蟲劑	0.00048	公斤(kg)/公斤	0.00494	kgCO$_2$e/公斤	5.19%
	除草劑	0.00014	公斤(kg)/公斤	0.00189	kgCO$_2$e/公斤	1.99%
生產管理能源消耗	柴油	0.00501	公升(kg)/公斤	0.01648	kgCO$_2$e/公斤	17.33%
	電力	0.04518	度(kWh)/公斤	0.02731	kgCO$_2$e/公斤	28.71%
套袋	塑膠套袋	0.00643	公斤(kg)/公斤	0.01422	kgCO$_2$e/公斤	14.95%
	保麗龍套袋	0.00429	公斤(kg)/公斤	0.00991	kgCO$_2$e/公斤	10.41%
採收	小貨車運輸-柴油	0.00257	延噸公里(tkm)	0.00151	kgCO$_2$e/公斤	1.58%
原料運輸	小貨車運輸-柴油	0.00019	延噸公里(tkm)	0.00011	kgCO$_2$e/公斤	0.12%
田間廢棄物處理	垃圾焚化	0.00000	公噸(t)/公斤	0.00020	kgCO$_2$e/公斤	0.21%
土壤排放	氧化亞氮	0.00005	公斤(kg)/公斤	0.01205	kgCO$_2$e/公斤	12.66%
合計				0.09512	kgCO$_2$e/公斤	100.0%

資料來源:本研究整理。

在生產管理過程使用相關能源包括柴油與電力之碳排放比例共占46%，尤其是電力，主要是在生產過程需要使用抽水馬達進行灌溉；其次為使用套袋，合計碳排放占比25%。因此，生產管理之能耗是為番石榴田間生產的碳排放熱點。

四、檢討田間灌溉模式為減碳之首要重點

番石榴係屬淺根作物，不耐長期浸水或乾旱，水分供給不足會造成產量少品質差(謝鴻業，2014)，可見適時給水是番石榴栽培管理重點之一。因此，夏季平均2-4天要灌溉1次，冬季5-7天灌溉1次(陳鴻堂等，2019)。本研究蒐集燕巢與社頭地區農友之番石榴生產活動數據，發現因需使用電力進行抽水灌溉，成為碳排放的熱點。番石榴生產灌溉方式分為淹灌、溝灌及噴灌等，淹灌及溝灌所需水量較多，而噴灌雖然要投資相關設備，但應可節省用水量，進而節省電力耗用，可減少碳排放量；另採用草生栽培有助於穩定果園土壤的含水量(陳鴻堂等，2019)，減少灌溉次數。建議番石榴生產者可參考本次盤查結果，思考提高灌溉效率之模式，如採用草生栽培或評估投資相關灌溉設備之可行性，以達到減碳之目標，同時也可節省電力成本。

五、結論

面對氣候變遷的威脅，每個產業都應該設法減少碳排放，以減緩地球升溫的速度。我國農業的碳排放雖僅占國家溫室氣體排放比例2%左右，但為了達成2040農業淨零排放的目標，仍應設法減碳。而了解碳足跡的內涵，是有效率減碳的基礎。

生產糧食為農業部門首要任務，但在生產過程中，相關操作與能資源、材料等投入，都會造成碳排放。因此，本文著重於番石榴的農場生產部分，進行碳排放量的盤查，以找出碳排放熱點，研擬減碳策略。

盤查結果顯示，每公斤番石榴在農場生產階段的排放量為0.095 kgCO_2e，其中，生產管理所使用的能源消耗所產生的碳排放量占46%，為主要碳排放熱點；其次為套袋的使用占25%。造成能源消耗的主要原因是由於番石榴必須適時灌溉，電力多用以抽水馬達進行田間灌溉，建議朝提升灌溉效率方向調整，如採用草生栽培提升土壤含水量或以噴灌模式減少灌溉用水量，取代整園淹灌或溝灌，可節省水資源及電力消耗，均為可行的減碳方式。惟需投資相關灌溉設備，可視現地狀況加以評估。

六、參考資料

陳鴻堂、潘佳辰、蘇博信。2019。番石榴土讓管理與施肥技術。農業試驗所特刊第221號:作物土壤管理與施肥技術-果樹與茶作篇P293-325。

謝鴻業。2014。番石榴健康管理策略。農業生技產業季刊No.37:50-55。

謝鴻業。2021。以外銷為導向之番石榴栽培管理要點。農業試驗所特刊233:番石榴外銷美國技術手冊P5-20。

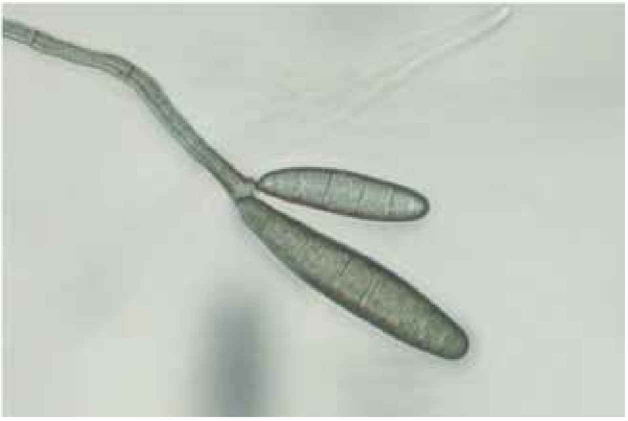
編啟：本文第一作者已於114年4月自願退休。

水稻秧苗胡麻葉枯病的發生與預防

農試所植病組 陳繹年 陳美君

一、前言

水稻是全球最重要的糧食作物之一，但在生長過程中容易受到各種病害影響，其中胡麻葉枯病 (Brown Spot Disease) 是一種常見且具威脅性的病害，主要在秧苗、水稻葉片及稻穗上形成病斑，影響秧苗生長及稻穀產量、品質。歷史上，此病曾於1942年孟加拉造成嚴重稻作減產，引發大饑荒，顯示其對糧食生產的潛在危害。一般認為，胡麻葉枯病容易在氮肥不足的環境下發生，尤其以水稻生育後期（穗期）最為嚴重。由於目前臺灣商業水稻品種對胡麻葉枯病普遍不具抗性，且該病害相較於稻熱病對水稻的影響較小，導致農友常忽視防治，進而使稻穀染病帶菌。另一方面，現行稻種消毒藥劑「得克利」對胡麻葉枯病的病原菌無明顯抑制效果，再加上育苗時使用含稻殼的育苗土，進一步助長秧苗期胡麻葉枯病的普遍發生。



圖一、水稻胡麻葉枯病菌*Bipolaris oryzae*分生孢子。

胡麻葉枯病的病原菌為 *Bipolaris oryzae*(有性世代：*Cochliobolus miyabeanus*)(圖一)，隸屬於格孢菌科(Pleosporaceae)、雙孔孢菌屬(*Bipolaris*)。該病在秧苗期特別容易發生，感染後會在葉片上形成褐色病斑，影響幼苗生長，進而降低水稻後期的產量與品質。

近年來，氣候變遷導致臺灣冬季氣溫變化劇烈，忽冷忽熱的天氣條件增加了胡麻葉枯病的發生與傳播風險，特別是在育苗場的綠化田中，病害日益嚴重。因此，了解病害的發生機制並採取適當的管理措施，是確保水稻穩定生長與提高產量的關鍵。

作　者：陳繹年助理研究員
連絡電話：04-23317523

二、秧苗胡麻葉枯病的發生與特徵

胡麻葉枯病菌具有極強的寄生能力，能夠侵染水稻的葉片、葉鞘、稻穀穎殼、種皮及胚乳，並可經由帶病種子傳播，特別是在秧苗期容易發病，但常被誤認為是老秧才較易罹病。

當使用消毒不完全的帶菌稻種或稻穀育苗時，病菌可能在種子發芽階段即侵染胚芽鞘與第一葉鞘，造成壞死病變（圖二）。若秧苗活力不佳，甚至可能在第二本葉抽出前即枯死。死亡苗株上的病菌可透過灌溉水、空氣或植株接觸進一步傳播，使病害在苗盤內迅速擴散。

受感染的秧苗葉片上會出現圓形或橢圓形的褐色病斑，在高濕環境下，病斑會擴大、形成褐色至灰黑色的水浸狀斑（圖三），偶爾可見灰白色菌絲纏繞於病斑表面，容易與紋枯病混淆。在乾燥環境下，水浸狀病斑轉為褐色乾枯狀（圖四）。

圖二、稻種發芽時遭胡麻葉枯病菌侵染，在胚芽鞘和第一葉鞘上出現壞死病變（箭頭處）。

秧苗上位葉出現的典型胡麻狀病斑，通常是由原發病斑產生的分生孢子透過空氣傳播，進一步造成的繼發性感染。在苗盤施肥均勻、一致的情況下，可見嚴重感染的秧苗葉片明顯發黃，與健康翠綠的苗株形成強烈對比（圖五）。若秧苗罹病嚴重，插秧後可能提前枯死，影響田間移植存活率；即使存活，胡麻葉枯病仍會降低水稻光合作用效率，導致植株生長不良，進一步影響稻穗發育並造成減產。

三、環境條件與病害發生的關聯

胡麻葉枯病的發生與環境條件密切相關，特別是在高溫高濕的環境下更容易流行。當空氣相對濕度超過85%、氣溫介於25-30℃時，病菌孢子最容易萌發並感染水稻組織。

此外，以下條件也會增加病害的發生風險：

(一) 葉片長時間保持潮濕：連續降雨、晨間露水滯留或通風不良，會使葉片長時間處於潮濕狀態，提高病菌侵染機會。

(二) 種子帶菌：若使用帶菌稻種或稻穀，病菌可在秧苗期即開始感染，成為田間病害的初期來源。

(三) 育苗密度過高：秧苗過於密集會降低通風性，使葉片上的水膜難以蒸發，進一步促進病菌感染與擴散。

(四) 低溫環境：胡麻葉枯病菌在低於20℃時，生長優勢高於稻熱病菌

(*Pyricularia oryzae*)，因此在秧苗綠化期若遇低溫，胡麻葉枯病的發生率往往比稻熱病更高。

四、預防與管理策略

(一) 健康種子的選擇與處理

由於胡麻葉枯病可經由稻種傳播，因此選擇健康無病的稻種是防治的首要步驟。其方法包括：

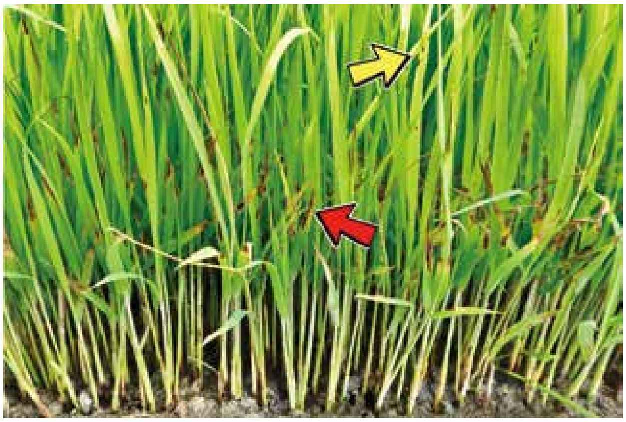
1. 溫湯浸種：將種子放入54℃溫水中浸泡10-12分鐘後迅速冷卻，可有效降低帶菌風險。
2. 藥劑處理：使用25%撲克拉乳劑1000倍溶液浸種24小時，可有效減少病菌存留。藥劑相關使用資訊可參考植物保護資訊系統（https://otserv2.acri.gov.tw/ppm/menu.aspx）。

(二) 改善育苗環境與管理

管理良好的育苗環境可降低病原入侵之可能，其作為可包括：

1. 育苗介質處理：可在撒秧時的兩道澆灌用水中，同時添加75%三賽唑可濕性粉劑3000倍，能有效降低粗糠（稻殼）上稻熱病菌與胡麻葉枯病菌的感染風險，提升秧苗健康度。
2. 控制育苗密度：確保秧苗通風良好，降低葉片長時間潮濕的機會。
3. 日照管理：適當增加日照可幫助葉片快速乾燥，減少病菌附著與感染。

圖三、潮濕環境下胡麻葉枯病菌生長快速，受害部位呈現褐色至灰黑色水浸狀斑（紅色箭頭處），偶可見灰白色菌絲纏繞於罹病組織表面（黃色箭頭處）。



圖四、環境乾燥時，水浸狀病斑會轉為褐色乾枯狀（紅色箭頭處），隨後在秧苗上位葉出現典型的胡麻狀病斑（黃色箭頭處），這些病斑為經由空氣傳播所引發的繼發性感染。

圖五、嚴重罹病的秧苗，苗株顏色明顯偏黃，與周邊翠綠的健康苗株形成強烈對比。

4.排水管理：確保苗盤與秧田不積水，以降低病害擴散風險。

(三) 田間病原管理與藥劑防治

降低田間病原數量之方法如下：

1.田間病原清除：可搭配普克利、鋅錳乃浦、喜樂克拉等殺菌劑，降低病菌存活。

2.定期施藥預防：在水稻插秧後30天及抽穗前一週，建議施用三賽唑或芬諾尼來預防稻熱病菌與胡麻葉枯病菌感染。

3.藥劑輪替使用：避免長期使用單一藥劑，以減少病菌產生抗藥性的風險。

4.避免抽穗期使用普克利乳劑：此藥劑可能引起水稻不孕，應避免在抽穗期施用。

五、結語

水稻胡麻葉枯病在秧苗期的發生與環境條件及育苗管理密切相關。要降低病害風險，必須從健康種子選擇、育苗環境改善、田區病原管理及適時藥劑防治等多方面著手，透過這些綜合管理策略來有效控制病害的發生與蔓延。

育苗場若能在育苗過程中落實這些防治措施，便能顯著降低秧苗期胡麻葉枯病的發生風險，確保水稻健壯生長，進而提升產量與品質，確保水稻生產的穩定性。

稻作的智慧農業監測新技術-利用人工智慧(AI)建構褐飛蝨辨識系統的介紹

農試所作物組 賴明信 曹懷文　農試所嘉義分所 黃守宏

一、前言

褐飛蝨 (*Nilaparvata lugens*）是一種重要的農業害蟲，主要以水稻為食，常對東南亞、大陸沿海省分及臺灣等一帶的稻米生產造成重大威脅。成蟲體色呈褐色或灰褐色，體型小巧，體長僅約 3 至 4 毫米。褐飛蝨使用刺吸式口器刺入水稻植株體內吸取汁液，導致植株營養不足黃化乾枯。嚴重時，水稻田會大片枯萎倒伏，出現「蝨燒」現象 (圖一)，導致稻穀產量大幅減少。

二、褐飛蝨危害稻田

褐飛蝨繁殖能力極強，每年可繁殖多個世代，尤其在溫暖濕潤的環境中繁殖更為迅速。它們不僅吸食稻株汁液，還能傳播水稻病毒，進一步加劇危害。目前，在稻米生產上除了種植抗蟲水稻品種外 (例如「台農85號」)，褐飛蝨防治主要依賴施用農藥，現行的用藥建議是當每叢稻株上有超過5隻褐飛蝨時應立即進行防治。農民進行防治除了可以依照自行巡視田地發現蟲蹤跡外，也可以參考農政單位發布的預警訊息。然而，由於褐飛蝨體型小且喜愛棲息於稻株基部，在稻田間查看蟲隻並非易事，造成掌握正確的防治時機困難，成為防治成敗的關鍵。

三、利用智農技術輕鬆防治褐飛蝨

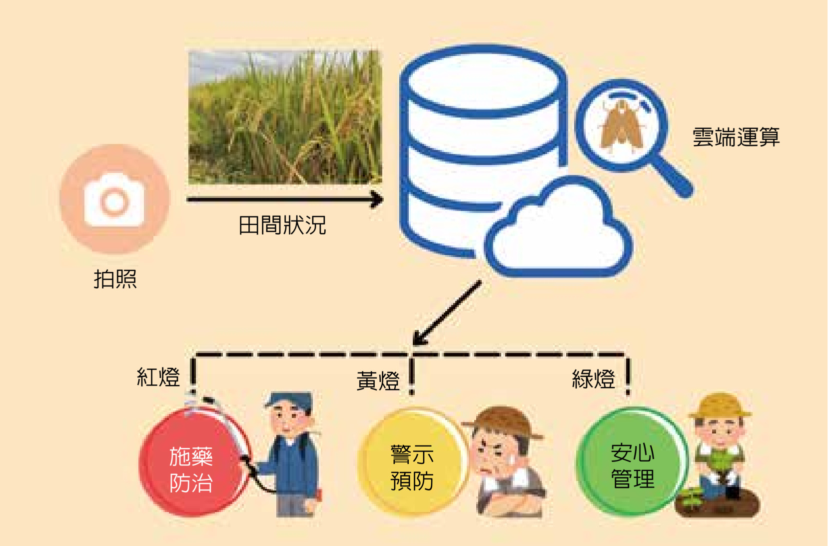
「褐飛蝨警示技術」即為了掌握防治關鍵時機應運而生。此技術乃透過手機的相機功能，建構一個即時且及時的跨區域互動警報網絡。技術概念為農民以自己的手機設備拍攝稻植基部，經由應用程式將照片上傳至雲端資料庫，由雲端資料庫中的辨識程式判斷照片中的褐飛蝨數量，回饋警示燈號給農民作為進行防治判斷依據(圖二)。在集團專區生產上，產銷班農民也可以作為相同品種、相同育苗中心及相同插秧期之稻株的警示燈號，作為判斷進行共同防治的參考依據。

褐飛蝨警示技術的最重要核心是褐飛蝨蟲體辨識系統，整個辨識系統的

作　者：賴明信研究員
連絡電話：04-23317103

設計與運作介紹如下。電腦視覺(computer vision)是一種讓電腦能夠「看見」並理解圖像或影片內容的技術，這與人類的視覺系統相似，但電腦是透過數學模型和演算法來解讀圖像中的資料(圖三)。

圖一、蝨燒。（來源：農業部臺中區農業改良場）



圖二、「褐飛蝨警示技術」示意圖。

人類用眼睛看照片時，能夠識別出房子、樹木、天空等物體，電腦視覺的目標也是如此，讓電腦自動分析照片或影片，識別其中的物體、顏色、形狀，甚至物體間的關係。為達此目的，電腦視覺通過感測器 (通常是相機) 捕捉影像，再使用影像處理技術來分析和理解這些影像。電腦視覺技術的運作可分成四大步驟：

(一) 影像取得：透過相機或其他影像設備來取得圖片影像。

(二) 圖像處理：須對圖片進行預處理以減少噪點、增強圖像品質，以進行後續分析。常見的預處理技術包括灰度化、二值化、去噪、對比度調整、邊緣檢測和尺寸縮放等。目的是為強化圖像中的重要特徵，從而提高後續分析的準確性。

(三) 特徵提取：特徵可以是顏色、紋理、形狀、邊緣等不同屬性。這些特徵是系統識別和分類目標物體的基礎。傳統的特徵提取方法包括邊緣檢測、霍夫變換等。

(四) 識別分類：傳統的分類器演算法如支持向量機等。

隨著近年人工智慧中的深度學習 (deep learning) 技術蓬勃發展，現今只需取得影像，後續三個步驟皆可透過深度學習技術自動完成。這項技術能從影像資料庫中學習特定特徵，進而掌握如何辨識和分類影像，最後將結果回饋給使用者。在眾多深度學習演算法模型中，卷積神經網路 (convolutional neural network, CNN) 特別適合處理影像數據，這也是本文介紹的褐飛蝨警示技術的核心技術。卷積神經網路的工作方式可以簡單分成三個部分 (圖四) 。

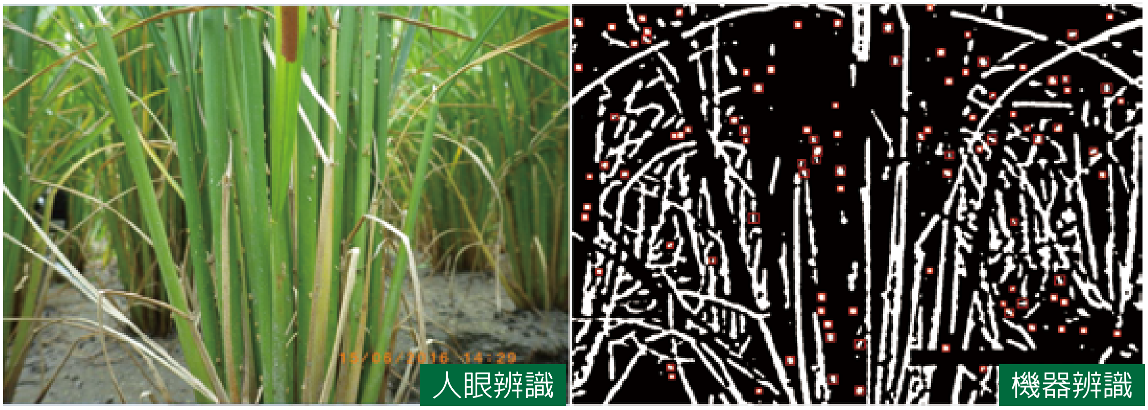
(一) 卷積層(convolutional layer)：這一層就像是圖片的「放大鏡」，它會掃描整張圖片，找出一些關鍵特徵，例如邊線、形狀或顏色變化等，這樣電腦就能知道圖片裡有哪些特徵需要注意。

(二) 池化層 (pooling layer)：當電腦找到特徵後，它會進行「壓縮」。把圖片簡化，但不會丟失重要信息。這就像是我們看圖片時，可以忽略掉一些細小的背景，專注在主要物體上。

(三) 全連接層 (fully connected layer)：最後一步，電腦會綜合所有找到的特徵，並進行「判斷」。告訴我們這張圖片裡的是什麼，例如它會說這是「貓」或是「狗」。

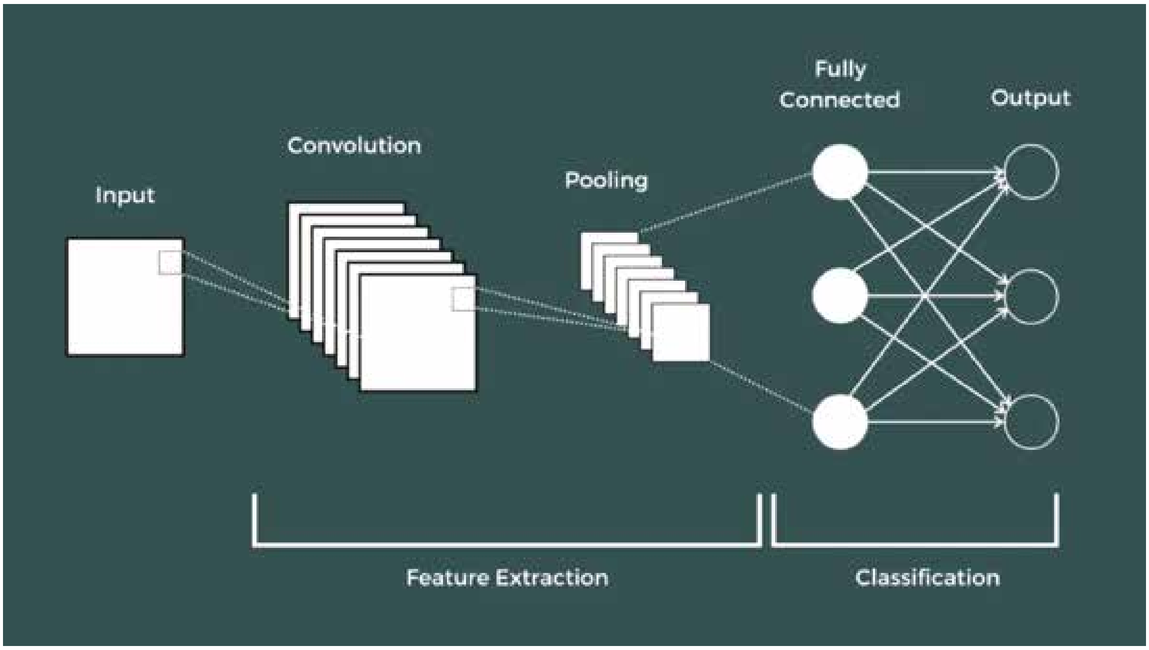
卷積神經網路的優勢在於能夠自動學習圖像中的特徵，無需手動設計特徵提取器，且能直接提供模型辨識後的結果。免去傳統電腦視覺技術需要的分段步驟，而能直接藉由一個模型程式完成。這些特點提供了褐飛蝨警示技術在使用者上傳水稻植株照片至系統後，扣除網路傳輸時間，辨識模型僅需要10秒即可辨識出一張1600萬畫素 (或以上) 的照片中有多少隻褐飛蝨。

褐飛蝨警示技術的建置過程，第一步是先建立蟲體影像資料庫，其條件不僅要求相當數量的照片影像，影像也必須有正確的標註。以本技術的需求為例，原始照片需人工一一標註稻株上的

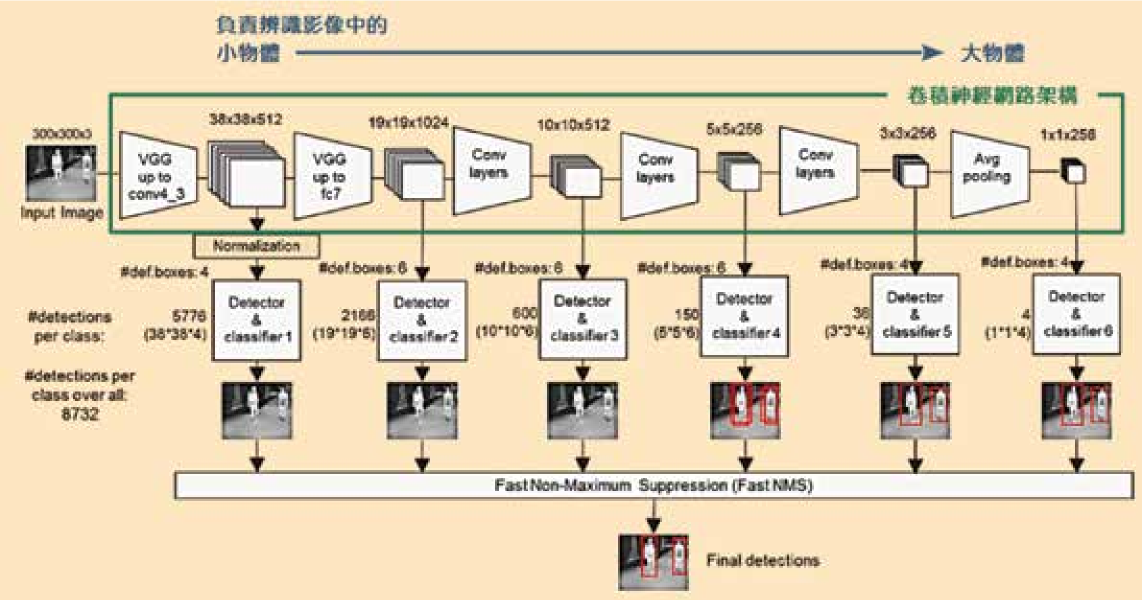


圖三、水稻褐飛蝨的人眼與機器眼辨識差異。

褐飛蝨蟲隻，才能提供優良的學習範本給予辨識模型進行學習與訓練。第二步是辨識模型的程式設計與開發，模型的運作過程簡述如下：從褐飛蝨影像資料庫中將影像資料輸入卷積神經網路，提取蟲體的特徵值。以此張影像生成多個不同解析度層次的特徵圖層，以高解析度特徵圖偵測大物件、低解析度特徵圖



圖四、卷積神經網路示意圖。(資料來源：Gyamfi et al. 2022)



圖五、褐飛蝨辨識模型架構。(資料來源：Feng & Wang 2021)

偵測小物件 (Liu et al. 2016)。接著以特徵圖同時進行兩項工作：一、以先驗框 (anchor boxes)判斷框內是否包含蟲隻，二、利用特徵圖對蟲隻位置作出更精確的預測 (圖五)。辨識模型透過上述的過程，並經由輸入不同的影像資料進行重複訓練，以過度擬合現象 (overfitting)發生前的模型版本為訓練完成的版本。最終將前端的使用者介面APP、褐飛蝨影像辨識軟體核心與後端的雲端伺服器與雲端資料庫整合，即是「褐飛蝨警示技術」 (Lin et al. 2019)。

四、未來展望

褐飛蝨警示技術是一個隨使用者增加而愈發有效的預警系統。農民只需在巡視田地時拍攝並上傳一張照片，即可為自己的田地及周邊農戶完成蟲害檢測，使得每個人都能成為即時的監測站點，隨時提供全臺各個稻米生產基地的褐飛蝨流行資訊。隨著照片附帶的地理位置及天氣資訊的二次蒐集，更可提供農政單位追蹤褐飛蝨族群在臺灣的流行軌跡，並發布即時的防治警報。

面對極端氣候變遷，逐年氣溫上升導致褐飛蝨族群規模擴大、世代交替加速，過去判斷防治的經驗已經無法因應。褐飛蝨警示技術的廣泛使用，相信可以提供即時的蟲害資訊，而且可以提醒農民及時防治，所積累的蟲害流行與防治資訊，更可以造就農業知識財，成為激發產業應對蟲害防治的新思維。

五、參考資料

Feng, J., & Wang, Z. (2021). Pedestrian Detection Algorithm in SSD Infrared Image Based on Transfer Learning. In *Computer Supported Cooperative Work and Social Computing: 15th CCF Conference, ChineseCSCW 2020, Shenzhen, China, November 7–9, 2020, Revised Selected Papers 15* (pp. 697-704). Springer Singapore.

Gyamfi, N. K., Goranin, N., eponis, D., & enys, A. (2022). Malware detection using convolutional neural network, a deep learning framework: comparative analysis. *Journal of internet services and information security*., 12(4), 102-115.

Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C. Y., & Berg, A. C. (2016). Ssd: Single shot multibox detector. In *Computer Vision–ECCV 2016: 14th European Conference, Amsterdam, The Netherlands, October 11–14, 2016, Proceedings, Part I 14* (pp. 21-37). Springer International Publishing.

Lin, W. R., Lee, K. T., Wang, S. J., Lai, M. H., & Chen, P. H. (2019). A Monitoring and Forewarning System for Rice Planthoppers. *Journal of Advanced Agricultural Technologies Vol*, 6(3), 180-186.

林慶元等 (2007)。《植物保護圖鑑系列：8》頁75-83。臺北市：行政院農業委員會動植物防檢局。

利用環控設施生產植物蛋白之可行性探討

農試所遺傳生技組 劉威廷　農試所農化組 吳宗諺　農試所產服中心 莊凱恩 林盈甄
農試所轉譯中心 黃裕榆　農試所嘉義分所 李柔誼　林業及自然保育署新竹分署 陳怡如

一、前言

隨著全球氣候變遷、重視動物福祉以及健康意識提升，植物基飲食 (plant-based diet) 如植物肉、植物奶、植物蛋以及衍生相關產品，逐漸成為重要趨勢，尤其重視生產過程有較低的溫室氣體排放 (圖一)。植物基飲食主要訴求功能及營養可替代動物來源食品，其中以大豆和豌豆蛋白因豐富的營養成分和功能特性，被廣泛應用於植物肉的製造，藉此模擬真實肉類的質地和風味 (Cameron et al. 2019)，並具有碳足跡較低的優點，因此，植物蛋白被視為未來重要的蛋白質來源，且市場需求仍將持續成長。根據彭博新聞社發布的市場分析預測，植物基飲食的全球零售市場將從2020年的294億美元增長至2030年的1,619億美元 (圖二)。植物基飲食在市場上備受矚目，其營養平衡性亦受到關注。研究指出，植物基飲食者的BMI（體重指數）普遍較低，並且其膳食纖維、維生素C、胡蘿蔔素、鎂和鉀的攝入量明顯高於葷食者。植物基飲食富含抗氧化劑，對人體有益，但在極度飲食不均衡下可能導致維生素D、鈣、維生素B_{12}等攝取不足(Rizzo et al. 2013)。

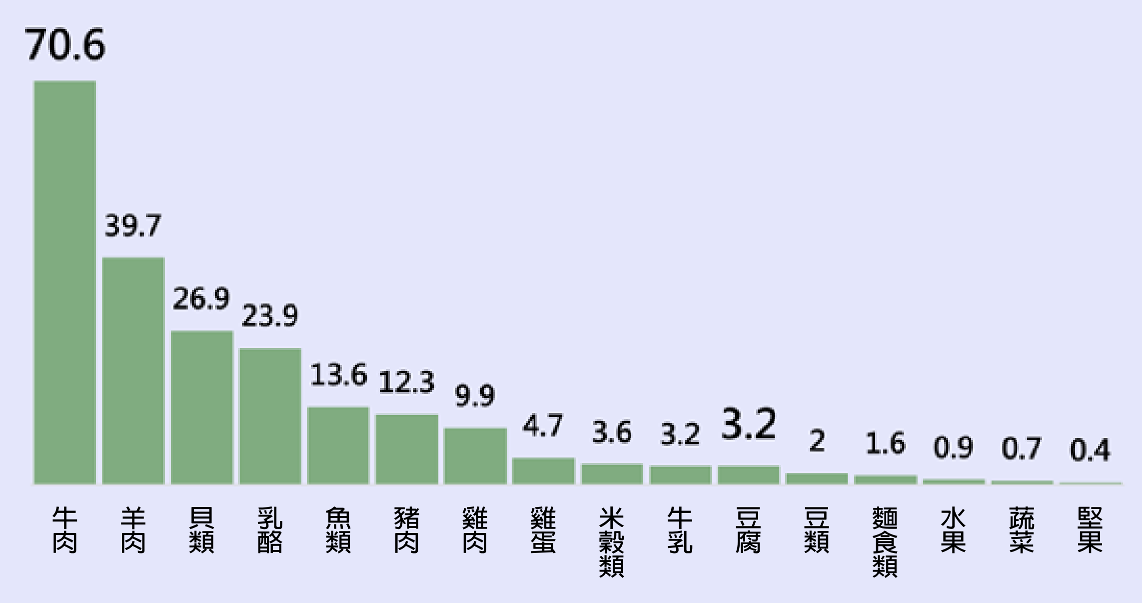
為了滿足不斷增長的市場需求，植物蛋白工廠的概念逐漸形成，內容涵蓋原料種植、培養、加工階段，包含生產純化的植物蛋白，以及結合供應鏈的自動化與智慧化。環控栽培 (controlled environment agriculture，CEA) 是建立一套自主運作的系統，以提高生產效率，使作物在最適環境條件下生長，能增加單位生產面積、最大化蛋白質的產量 (Geilfus 2019)。本文挑選7種適合臺灣之植物蛋白潛力作物，探討利用環控設施生產之可行性。

二、環控栽培的優勢與機會

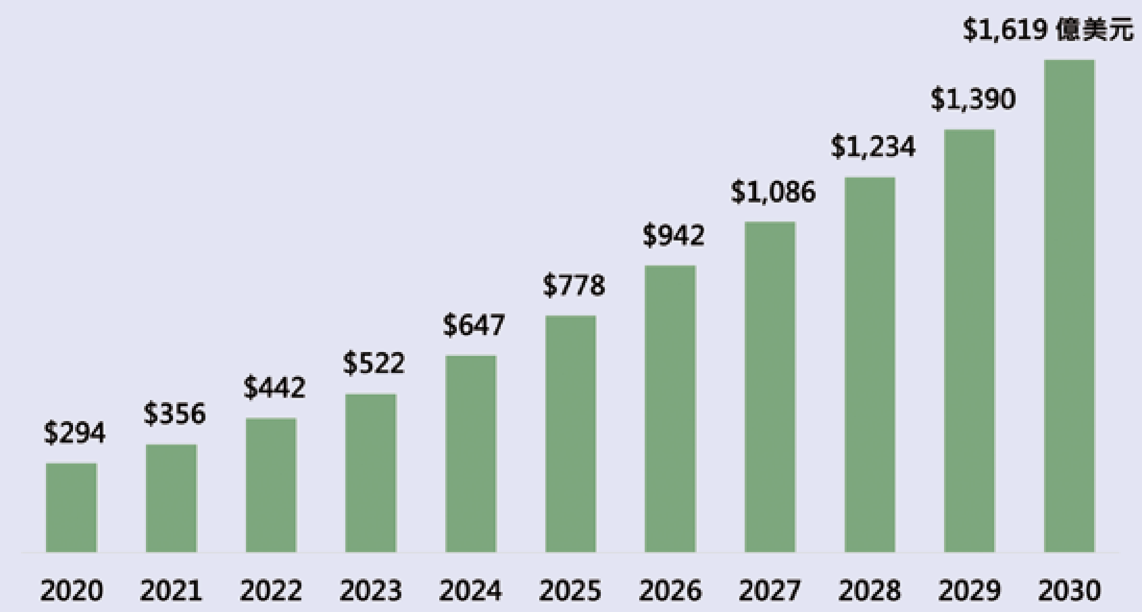
相較於傳統農業，CEA可降低季節和氣候變化的影響，能夠全年穩定生產，使作物生長不受天氣或其他自然因素的限制。CEA系統的封閉式循環技術可提高水資源和養分的利用效率，研究

作　　者：劉威廷助理研究員
連絡電話：04-23317333

顯示，CEA在水資源利用僅需傳統灌溉的十分之一或更少，能降低水資源的耗損。養分管理上，CEA能精確控制氮、磷和鉀等元素的供應，避免養分浪費及污染風險，有助環境的永續性 (Geilfus 2019)。儘管CEA能夠提供穩定且高效的生長環境，但其能源需求高成為主要限制。CEA依賴人工光源、溫控系統和自動化設備，以創造最佳的植物生長條件。然而，長時間光照會消耗大量電



圖一、生產每公斤食物溫室氣體排放量 (公斤)。資料來源：2022年聯合國政府間氣候變遷專門委員會 (IPCC) 氣候變遷評估報告。



圖二、全球植物基飲食零售市場規模。資料來源：2019年彭博新聞社植物基飲食市場分析預測報告。

力，未來可藉由再生能源降低營運成本，例如太陽能、風能和地熱能等，高效節能的LED光源也能降低照光成本。此外，精確調控的光譜技術使植物在較低光度下亦可保持高生長效率、減少能源需求 (Geilfus 2019)。

CEA設施的初期建設成本和技術門檻較高，包括自動化設備、建築及專業技術的投入，因而限制其發展性與普及性。目前，中小型企業或個體農戶仍難以承擔CEA系統的設置費用，不過隨著自動化技術的進步和設備成本的逐步下降，這一情況可得到改善。未來，政策支持也將有助於推廣CEA系統的應用，若能由政府投資和補貼，企業將更有動力進行技術研發並擴大應用範圍。

三、適於生產植物蛋白之潛力物種

(一) 浮萍（Duckweed, *Lemnaceae*）

浮萍以其極高的蛋白質含量和快速生長的特性，具有作為植物蛋白重要來源之潛力。以乾重而言，其蛋白質含量可達45%，且含有多種必需胺基酸，營養成分接近動物蛋白，然而，浮萍細胞壁內的多醣影響蛋白質的萃取效率，需進一步開發高效的萃取技術 (Edelman and Colt 2016)。在適宜的環境下，浮萍的倍增時間僅為1.24天，這使其具備連續生產的優勢。浮萍的CEA系統具有顯著的栽培優勢，經由控制光照、溫度和CO_2濃度，可以加速浮萍生長，此意謂蛋白質產量亦增加，此外，植體小的水耕浮萍栽培層架，僅需在上方保留5公分高度，可以有效達成氣體交換、降低光度需求（50-400 μmol $m^{-2} \cdot s^{-1}$），並可設計多層疊放，以發揮最大空間利用率 (圖三)。

(二) 紅藻（Red Seaweed, *Rhodophyta*）

紅藻的蛋白質含量在海藻類中位居前列，某些品種的蛋白質含量可達47%（乾重），含量和組成均接近動物蛋白，紅藻還富含多酚、類胡蘿蔔素和維生素等，具有抗氧化和抗發炎功能。紅藻蛋白的萃取需要特定預處理，才能提升其效率，或是運用酵素輔助萃取，以提高紅藻蛋白的營養價值和食品功能

圖三、室內浮萍環控栽培堆疊設計 (Petersen et al. 2022)。

性。此外，紅藻蛋白可運用於微膠囊化(microencapsulation) 食品，以塗層包圍微小顆粒或液滴，形成特定用途的小膠囊。在消費面部分，藻類食物普遍存在於亞洲人的食品清單中，而西方人的接受度仍待培養。在生產面部分，CEA可以模擬海洋環境栽培紅藻，克服海洋環境存在各種難以預測的變化，使紅藻穩定生長和累積蛋白質，因此有機會擴大發展為商業模式 (Rawiwan et al. 2022)。

(三) 苜蓿（Alfalfa, *Medicago sativa*）

苜蓿因富含蛋白質和營養成分而廣泛利用於動物飼料。乾重蛋白質含量高達50.8%，包含所有必需胺基酸，是優質植物蛋白來源。苜蓿因水分和養分需求較低，在環控設施中的栽培效率高，且種植空間需求小，生長快速、需肥量低、採收率高，蛋白純化製程簡單、成本低。苜蓿的蛋白萃取技術包括酸沉澱、膜過濾、發酵法等，這些技術已可被應用於食品和保健品生產中。苜蓿作為植物基蛋白的潛力巨大，但仍需提升其適口性和市場接受度 (Hadidi et al. 2023)。

(四) 綠豆（Mung Bean, *Vigna radiata*）

綠豆蛋白質含量在19.5%至33.1%之間，廣泛用於植物基產品中，特別是植物蛋產品，經調味加工後可製作成外觀與口感相似的炒蛋料理。環控設施中，綠豆栽培週期短，從播種至收穫僅需10至12週。CEA技術提供精準控制光照和溫度，有效提升綠豆的胺基酸濃度和蛋白質含量。另一方面，綠豆缺乏甲硫胺酸和胱胺酸等含硫胺基酸，未來產品化需留意強化、平衡必需胺基酸含量 (Yi-Shen et al. 2018)。

(五) 花生（Peanut, *Arachis hypogaea*）

花生中的蛋白質含量約為25%，和大豆、豌豆一樣是優良植物蛋白來源，榨過油脂後的副產物花生油粕，其蛋白質含量更高，可達47%-55%。將花生進行預處理和酵素輔助萃取，可提高蛋白的營養價值和食品功能性。雖然花生在蛋白質含量上具有優勢，但仍需應對其含有過敏原和黃麴毒素等問題，此外，花生蛋白同樣缺乏甲硫胺酸和賴胺酸，因此在實際應用中需搭配其他蛋白質以獲得營養平衡性 (Hariharan et al. 2023)。

(六) 矮性菜豆 (Green bush bean, *Phaseolus vulgaris*)

矮性菜豆 (四季豆) 富含蛋白質、膳食纖維與維生素，植株低矮（30-50公分）、適用水耕、生產週期短（55-65天），具有進入CEA的潛力，但仍須對合適的品種進行篩選，探討株高、收穫指數等面向，此外，矮性菜豆有葉片互相遮蔭的問題，為了提升生產效率，可運用樹冠內補光的方式提高光合作用效率 (Stoochnoff et al. 2022)。

(七) 真菌蛋白（Mycoprotein）

真菌蛋白是近年受到矚目的蛋白質來源，含量達45%-55%，富含所有必需胺基酸，其中真菌*Fusarium venenatum*以食品級液態營養基培養，經熱處理及安全性確認，英國食品公司將此真菌蛋

白加入結著劑、調味劑等食品添加物，加工成為植物肉，以Quorn品牌上市已近30年。真菌蛋白生產過程中的碳足跡較低，且可使用農業剩餘資源作為培養基，實現資源再利用 (Finnigan et al. 2024)。如同菇類，真菌蛋白適合在環控設施中栽培，甚至可以在液態培養系統中生長。然而，真菌蛋白的風味與傳統蛋白質存在差異，且生產成本仍高於大豆蛋白，降低成本並改進真菌蛋白的風味和質地將是其進一步普及的關鍵。

四、展望

CEA為植物蛋白的生產帶來了創新與變革，藉由對環境條件的精確控制，CEA可大幅提升生產效率、穩定性和資源利用率，使蛋白質生產不受季節和氣候限制。隨著LED光源、智慧監控等技術的進步，已使作物生產效率大幅提升，然而，CEA的建造成本、能源需求高，而市場接受度的不確定性等挑戰仍是關鍵課題。另一方面，隨著全球氣候變遷、農業用地取得成本增加、勞動力短缺等因素，未來CEA發展或能作為因應上述困境的解方之一，若以生產植物蛋白取代動物蛋白為目的，可以帶來減低生產糧食碳排的效益。本文綜合上述各項作物之特性，初步評估未來在CEA中栽培之合適性，整理於表一，以現階段技術而言，浮萍、苜蓿與真菌最適於CEA種植，且蛋白質含量也相當高，若以蛋白質相關產品而言，則以豆科作物的菜豆、綠豆、花生最適合，真菌則可結合不同原料製作創新食品。此外，除了考量上述作物作為機能性食品原料，亦可以導入循環農業應用等價值。農試所長期積極研究植物蛋白潛力作物之種原篩選、營養成分差異、加工特性變化等，可望未來能對提供新的植物蛋白選項，為農業創新發展盡一份心力。

總而言之，CEA系統為植物基蛋白生產提供高效的模式，能符合全球蛋白質供應及環境永續的需求，具有發展潛力。在政策支持、技術創新和市場需求的推動下，植物基蛋白的未來市場仍有許多發展空間，並有助於推動健康且永續的飲食文化變遷。

表一、本文初步評估與整理浮萍、紅藻、苜蓿、真菌、矮性菜豆、綠豆、花生之CEA適栽性、蛋白質產量、產品化程度與附加價值。

物種	CEA適栽性	蛋白質產量	產品化程度	附加價值
浮萍	★★★★★	45 g/100 g	★★	具開發機能性食品之潛力
紅藻	★★★	47 g/100 g	★★★	具開發機能性食品之潛力
苜蓿	★★★★★	50.8 g/100 g	★★★	具開發機能性食品之潛力
真菌	★★★★★	5-56 g/100 g	★★★★★	栽培介質可應用於循環農業
矮性菜豆	★★★★	21 g/100 g	★★★★★	
綠豆	★★★★	19.5-33.1 g/100 g	★★★★★	具開發機能性食品之潛力
花生	★	25 g/100 g	★★★★	

註：★表示評估潛力，★愈多愈有潛力。

五、參考資料

Cameron B, Neill SO, Bushnell C. 2019. Industry Report Plant-based Meat , Eggs , and Dairy Primary authors : Contributing authors : (June):1–38.

Coughlan NE, Bolger P, Burnell G, Leary NO, Mahoney MO, Paolacci S, Wall D, Jansen MAK. 2022. Duckweed bioreactors : Challenges and opportunities for large-scale indoor cultivation of Lemnaceae. 336:130285. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130285.

Edelman M, Colt M. 2016. Nutrient value of leaf vs. seed. Front Chem. 4(JUL):2–6. https://doi.org/10.3389/fchem.2016.00032.

Finnigan T, Mach K, Edlin A. 2024. Mycoprotein: a healthy new protein with a low environmental impact, p 539–566. Sustainable protein sources. Elsevier.

Geilfus C-M. 2019. Controlled environment horticulture. Improving Quality of Vegetables and Medicinal Plants; Springer: Cham, Switzerland. :1–233.

Hadidi M, Orellana Palacios JC, McClements DJ, Mahfouzi M, Moreno A. 2023. Alfalfa as a sustainable source of plant-based food proteins. Trends Food Sci Technol. 135(January):202–214. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.03.023.

Hariharan S, Patti A, Arora A. 2023. Functional Proteins from Biovalorization of Peanut Meal: Advances in Process Technology and Applications. Plant Foods for Human Nutrition. 78(1):13–24. https://doi.org/10.1007/s11130-022-01040-8.

Petersen F, Demann J, Restemeyer D, Olfs H-W, Westendarp H, Appenroth K-J, Ulbrich A. 2022. Influence of light intensity and spectrum on duckweed growth and proteins in a small-scale, re-circulating indoor vertical farm. Plants. 11(8):1010.

Rawiwan P, Peng Y, Paramayuda IGPB, Quek SY. 2022. Red seaweed: A promising alternative protein source for global food sustainability. Trends Food Sci Technol. 123(March):37–56. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.03.003.

Rizzo NS, Jaceldo-Siegl K, Sabate J, Fraser GE. 2013. Nutrient profiles of vegetarian and nonvegetarian dietary patterns. J Acad Nutr Diet. 113(12):1610–1619.

Stoochnoff J, Johnston M, Hoogenboom J, Graham T, Dixon M. 2022. Intracanopy lighting strategies to improve green bush bean (Phaseolus vulgaris) compatibility with vertical farming. Frontiers in Agronomy. 4(July):1–16. https://doi.org/10.3389/fagro.2022.905286.

Yi-Shen Z, Shuai S, Fitzgerald R. 2018. Mung bean proteins and peptides: Nutritional, functional and bioactive properties. Food Nutr Res. 62:1–11. https://doi.org/10.29219/fnr.v62.1290.

應用透地雷達非破壞性量測樹木根部生質量

農試所農化組 許健輝 鄭佳怡 賴俊融 顏淳阡

一、前言

樹木根部的健康狀態與其對於養分和水分吸收效率息息相關，同時也影響樹體結構的穩定性(殷等人，2021)。此外，樹根生質量也為林木地下部固碳量及森林或坡地土壤碳匯主要來源。傳統樹根生質量調查主要以破壞性方法為主，包含細根調查使用土環採樣法或生長土環法(ingrowth core)，粗根調查使用淺溝挖掘法(Alani and Lantini 2020)，儘管該方法較為準確，但對於樹木的傷害性較大。因此，許多研究陸續發展非破壞性的方法來估算樹木地下部生質量，如電阻成像法、超聲波法及透地雷達法等(Alani and Lantini 2020)。本報告就以避免對樹木造成不可逆傷害的透地雷達法(ground penetrating radar，簡稱GPR)，加以簡述其原理及其應用。

二、透地雷達檢測原理及其應用

透地雷達是一種使用雷達脈衝對地下進行成像的地球物理方法，對地表下埋藏的物體、結構或地質特徵進行檢測和成像(Tanikawa et al., 2021; Rocha et al., 2024)。透地雷達是藉由發射雷達波探測地表以下狀況的儀器，雷達波是一種高頻電磁波，頻率介於10 MHz～1500 MHz，雷達波因地層的介電常數差異而產生反射波，經由地表天線接收並分析反射波來回所需要的時間、波型、振幅等資料，可獲取反射層性質、位置等資訊。使用的雷達波頻率越高，解析度相對提高，探測深度則較淺；若使用的雷達波頻率越低，雖探測深度加深，解析度也較低。透地雷達探測技術可應用在許多方面，例如軍事用途中掃描殘存地雷及地下掩體調查，建築工程中的道路鋪面孔洞、地下管線調查及混凝土結構物非破壞性檢測，地質調查研究中淺層礦脈調查及岩層結構調查。在農業方面可應用於地下水位偵測及土壤調查工作，或可應用於查核公糧穀倉，藉由雷達天線所接收到之反射訊號圖快速清查出穀倉內是否有架空鐵架、木箱或其他異物，相較於傳統人工搬運查核方式可以節省人力、財力及時間。

近年透地雷達的應用逐漸增加，主要歸功於高頻天線的發展，使透地雷達的檢測和適用性更廣泛。許多研究也證

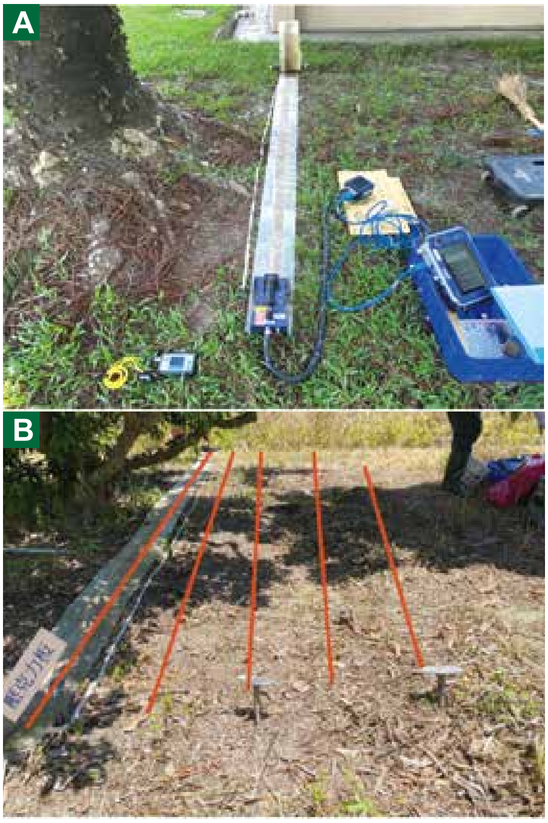
作　　者：許健輝副研究員
連絡電話：04-23317435

實透地雷達訊號與根部直徑或生質量都具有高度相關性(Borden et al., 2014)。然而，實際林地根系多為交錯或相鄰生長，如何正確及有效地估算地下部根系直徑或生質量則需更多研究來驗證(Lantini et al., 2020)。透地雷達在使用上也受到現地環境條件的影響，例如土壤粘粒含量、含水量、電導度值等，皆會直接導致透地雷達的訊號衰減(Doolittle and Butnor, 2009)。不同性質土壤及不同介質間介電常數具有差異，由於電磁波衰減與介質的電導度成正比，土壤的電導度越高，電磁波的衰減就越高。此外，土壤中的石礫和岩石也會影響透地雷達的訊號，石礫會被誤判為根，這對於評估根部生質量可能會產生誤差來源(Tanikawa et al., 2021)。目前林木地下部尚未納入森林碳匯之計算，然而，森林碳庫除了地上部生質量外，也包括地下部生質量、枯木及枯枝落葉、土壤有機質。以下介紹為建立透地雷達量測根部生質量之流程並評估其可行性，作為後續森林地下部碳匯估算的基礎。

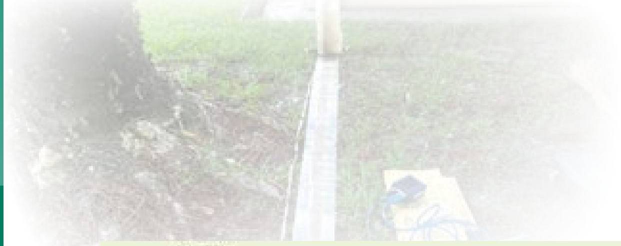
三、透地雷達現地量測及數據分析流程

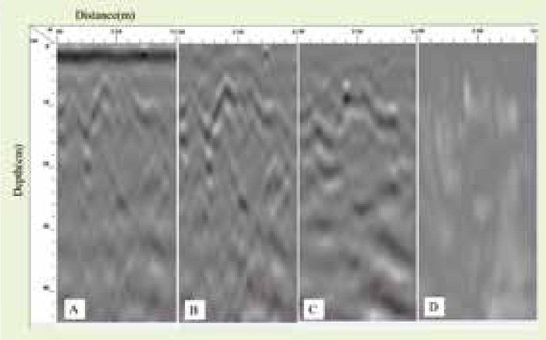
森林環境大多坡面較陡地勢起伏較大，地被層有枯枝落葉等腐質層，可能會造成透地雷達施作上的障礙以及後續圖譜資料上處理的困難，因此會先測試環境條件的影響與儀器參數設定，例如地面平整度、天線推車移動速度及土壤水分含量等條件對GPR圖譜收集的影響。本次試驗使用的透地雷達(GSSI SIR-4000)搭配1600MHz高頻天線，對於樹木地下部進行非破壞性量測。

研究場址有兩處，分別為農業試驗所及宜蘭大學。農業試驗所試驗區位於荔枝園，宜蘭大學試驗區位於該校實驗林場(礁溪鄉二結村)。在試驗區內選定單棵林木進行透地雷達試驗，在林木單側將地表雜草及樹木殘枝清除使地面平整，並於表面鋪設塑膠壓克力板(圖一A)，每次調查均沿著4公尺的剖面進行數據收集(圖一B)，等距25公分(0、25、50、75、100公分等處)。透地雷達數據蒐集完成後會進行採集根部樣本來獲取根部生質量，每個取樣方格長寬高分別為25、50、30公分，每棵樹木採集20個

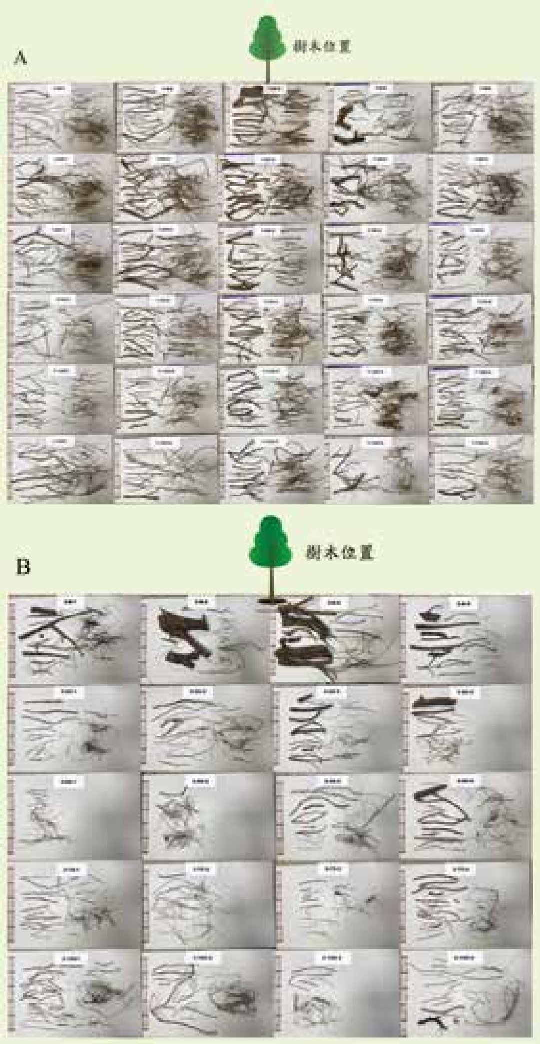


圖一、(A)透地雷達及(B)量測路線規劃。





圖二、透地雷達數據處理流程(A)Raw data (B) Background removal (C)Kirchoff migration (D)Hibert transformation。



圖三、農試所試區(A)及宜蘭大學試區(B)採樣方格根部照片。

方格，採集深度為0-30公分。將取樣方格內的根部取出後，經過清洗後以70℃烘乾後秤重。透地雷達影像進行分析前，需透過下列影像處理步驟(Bain et al., 2017)，並使用ReflexW和ImageJ進行影像處理，步驟如下(圖二)：

(1) Background removal：從影像中移除與目標無關的背景雜訊，減少水平反射及非目標反射，以提高前景目標的清晰度。

(2) Kirchoff migration：雷達波從震源傳播後會遇到不同的地層，並產生反射與折射。然而，由於地層的褶皺與傾斜，接收到的訊號通常會錯位，導致原始地震圖譜扭曲、模糊或重疊，此步驟的作用是校正地下目標物的位置，獲得更準確的地下結構影像。

(3) Hibert transformation：增強目標物反射訊號，提高圖譜對比度及清晰度，提升影像的可解釋性。

(4) 萃取根部GPR訊號；使用ImageJ將影像轉換為8位元影像，計算判斷為根部範圍內的面積，即為GPR訊號。

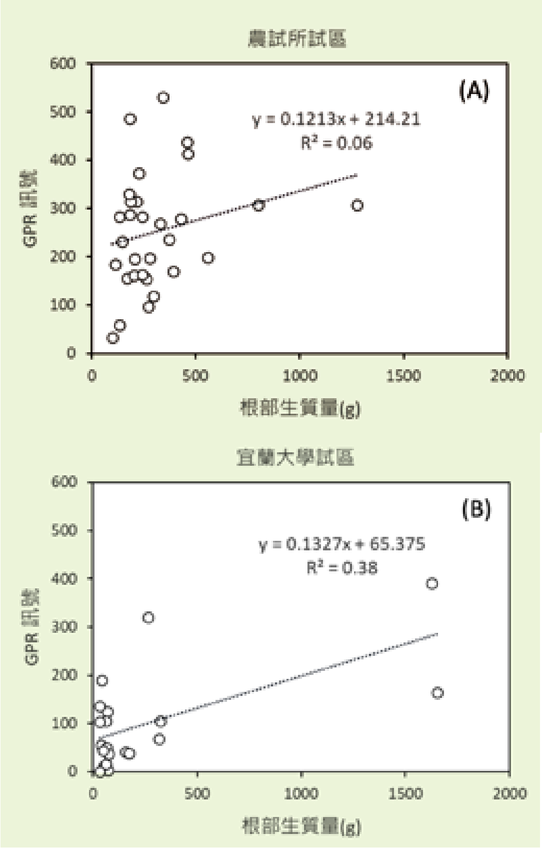
(5) 計算GPR訊號與生質量之對應關係。

四、初步試驗結果

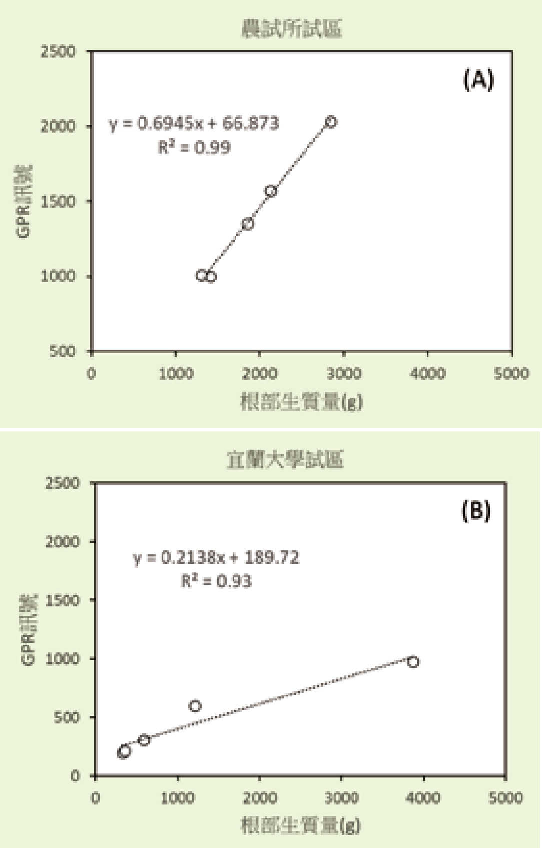
由於透地雷達是搭載一台具有測距輪功能的推車上作測定，推車在測定過程需緊密貼齊地面移動來收集數據，如果地面不平整則會影響透地雷達數據蒐集，但大部分樹木周邊會因枯枝落葉或地表浮根使地面不平整，因此後續在測定時會以鋪設壓克力板來改善此影響。推車移動速度會影響數據收集品質，經

數次測試後，以30~40秒/公尺的速度最佳。而土壤含水量較高的時候，使土壤與根部的介電常數相近，會降低反射訊號的強度，使得根部不易被偵測到。因此在使用透地雷達前，會先用水分含量計測定場址周圍的水分含量，作為設定透地雷達儀器中介電常數的參數值。

初步試驗結果顯示在土壤深度0~30公分內較能看到地下根部GPR訊號，而超過30公分訊號較不明顯，距離樹木基部較近的區域其生質量會越高，距離越遠則越低，與實際採樣結果相符。圖三為農業試驗所荔枝園試區及宜蘭大學實驗林場試區採樣方格根部照片，樹木位置如圖所示(左邊代號第一碼為試驗區代號，第二碼為與樹木距離(公分)，第三碼是採樣區1~5，如1-0-1、1-25-1…等)。圖四顯示無論在農試所荔枝園(圖四A)及宜蘭大學實驗林(圖四B)，單一採樣方格內GPR訊號和生質量的相關性都偏低，R^2分別為0.06及0.38，若將距離相同(例如距離樹木0公分的1-0-1~1-0-5共五個採樣區)區域內採樣方格GPR訊號和根部生質量數據分別加總後進行迴歸分析，兩者R^2分別可達0.99及0.93(圖五)。該結果指出，由距離相同的數個採樣方格所得到



圖四、農試所試區(A)及宜蘭大學試區(B)採樣方格根部生質量和GPR訊號之迴歸分析圖。



圖五、農試所試區(A)及宜蘭大學試區(B)相同距離採樣方格根部生質量總和與GPR訊號總和之迴歸分析圖。

的GPR訊號和根部生質量數據具有高度的相關，代表透過GPR量測來估算樹木生質量具高度可行性。然而，單一採樣方格GPR訊號和根部生質量數據相關性低之原因，推測為數據處理過程仍無法有效的區分根和其他介質，後續將持續評估不同透地雷達數據收集方法(如環狀量測)及優化數據處理程序，以提高量測之準確度。

五、展望

初步結果指出，透地雷達對於樹木根部之非破壞性量測具有潛力，但因自然界的地層組成成分及狀況都較複雜，產生雜訊的狀況更為明顯，後續除了需持續優化數據收集流程及數據處理程序，也需近一步界定適合使用該技術之場域、土壤性質及環境條件，以及建立不同樹種根部生質量與GPR訊號之相關性，期望該方法未來可實際落地應用於林木、果樹或其他樹種根部地下部之量測，完善整體農業自然碳匯之估算。

六、參考文獻

殷楷智、李弘恩、鄭舒婷。2021。透地雷達於樹木根系探測之訊號分析及標準化。台灣林業科學，36(3):221-33。

Alani A.M., and L. Lantini. 2020. Recent advances in tree root mapping and assessment using non-destructive testing methods: a focus on ground penetrating radar. Surv Geophys 1-42.

Bain, J.C., F.P. Day, and J.R. Butnor. 2017. Experimental evaluation of several key factors affecting root biomass estimation by 1500 MHz ground-penetrating radar. Remote Sensing. 9, 1337.

Borden, K. A., M. E. Isaac, N. V. Thevathasan, A. M. Gordon, and S. C. Thomas. 2014. Estimating coarse root biomass with ground penetrating radar in a tree-based intercropping system. Agrofor. Syst. 88:657–669.

Doolittle, J. A., and J. R. Butnor. 2009. Ground penetrating radar: theory and applications. in Chapter 6: soils, peatlands, and biomonitoring. Editor H. M. Jol. Elsevier Science.

Lantini, L., F. Tosti, I. Giannakis, L. Zou, D. Egyir, D. Mortimer, and A. M. Alani. 2020. Health assessment of trees using GPR-derived root density maps. IEEE Radar Conference (RadarConf20), Florence, Italy, pp. 1-5.

Rocha, A. A., W. R. Borges, M. G. V. Huelsen, F. R. F. R. d. O. Sousa, S. T. R. Maciel, J. d. A. Rocha, and T. K. B. Jacobson. 2024. Imaging tree root systems using ground penetrating radar (GPR) data in Brazil. Front. Earth Sci. 26:1-13.

Tanikawa, T., H. Ikeno, K. Yamase, M. Dannoura, K. Aono, and Y. Hirano. 2021. Can ground-penetrating radar detect adjacent roots and rock fragments in forest soil? Plant Soil. 468:239-257.

多元宣傳管道之公部門行銷策略分析：以農業創新育成中心招商媒合會為例

農試所產服中心 石光劭 陳昌岑 廖詳銘

一、前言

行銷的概念在1980年代從私部門影響到公部門，進而發展出「公部門行銷」的觀念(Coffman, 1986)，政府機關透過Facebook等社群平台進行政策說明、活動資訊等公部門行銷也行之有年，不同的公部門行銷內容(如政策說明、活動辦理等)及其所需搭配的宣傳方式也有所不同，例如，政策宣傳之公部門行銷通常需要更具權威性和正式的管道，如官方公文或記者會，以確保訊息的公信力(Lee & Slocum, 2015)，而活動資訊宣傳則適合利用社群媒體進行廣傳和互動，以吸引更多的公眾參與（Kaplan & Haenlein, 2010）。在過去已有研究評估不同宣傳管道對於公部門行銷的效益，例如：張(2022)曾評估臺北市政府運用吉祥物之行銷策略、嚴(2017)曾探討消防署透過Facebook粉絲專頁政策傳播之效果，然在農業方面的公部門行銷卻未曾有過相關的研究，因此本篇試以農業創新育成中心辦理招商媒合會所用數種宣傳管道評估其成效，作為未來辦理活動之行銷參考。

作　　者：石光劭助理研究員
連絡電話：04-23317461

二、活動資訊宣傳管道

農業創新育成中心由農業部所轄4個試驗所(農業試驗所、林業試驗所、水產試驗所、畜產試驗所)及財團法人農業科技研究院所共同組成(以下簡稱4所1院)，長久以來，農業創新育成中心(以下簡稱育成中心)的進駐業者多透過研究人員的引薦進駐。為主動出擊，育成中心於113年5月10日辦理招商媒合會，透過不同方式宣傳活動資訊(表一)，除招募進駐業者外，期盼能讓更多的農民及企業了解育成中心的功能與服務。

三、報名表單設計及統計

活動報名期間，以填寫Google表單報名方式進行，前述各類型的宣傳管道皆有附上Google表單連結QR Code供受眾掃描。Google表單中設計必填問項請報名者勾選得知活動訊息的管道，並使用Google表單內建功能，將選項隨機排列，使各選項能更公平的被選中，從而減少順序效應對統計的影響。

透過業者填列表單時間及當日該管道報名人數，了解不同管道之宣傳效果，並參考主計總處行業統計分類(除自然人、農會及公部門外)，分析報名業者所屬行業類別。

四、結果

本次活動報名結束後共收到75筆回覆，其中73筆為有效回覆，透過統計各管道曝光結果得知，以Line為媒介的宣傳管道有最多的曝光數，占約25%，其次依序為邀請函(約21%)、公文(約19%)、農科院電子報(約16%)、電子信箱(約13%)、Accupass活動通(約4%)及Facebook(約3%)；報名業者共71家次，依與業者溝通確認需求篩選去除不適洽談者後，預定洽談共計114場次，依其預定洽談單位進行統計結果顯示，以農業試驗所47場次(篩選前63場次)及農業科技研究院46場次(篩選前57場次)最多，其餘分別為林業試驗所6場次(篩選前7場次)、水產試驗所5場次(篩選前6場次)、畜產試驗所10場次(篩選前20場次)；各單位之案源分布顯示，4所1院均是以Line管道最多(圖一A~E)；另將報名者所屬行業分為24個類別，其中以農牧業(20%)、食品、飼品製造業(17%)及農會(15%)最多(圖二)。

透過業者填寫表單的時間點，以及該管道當日報名人數，統計各種管道的曝光及報名情形(如圖三)，有助於了解各管道在宣傳期內能持續曝光的時間長短，以及報名熱點出現時間，藉以評估各管道綜合成效。

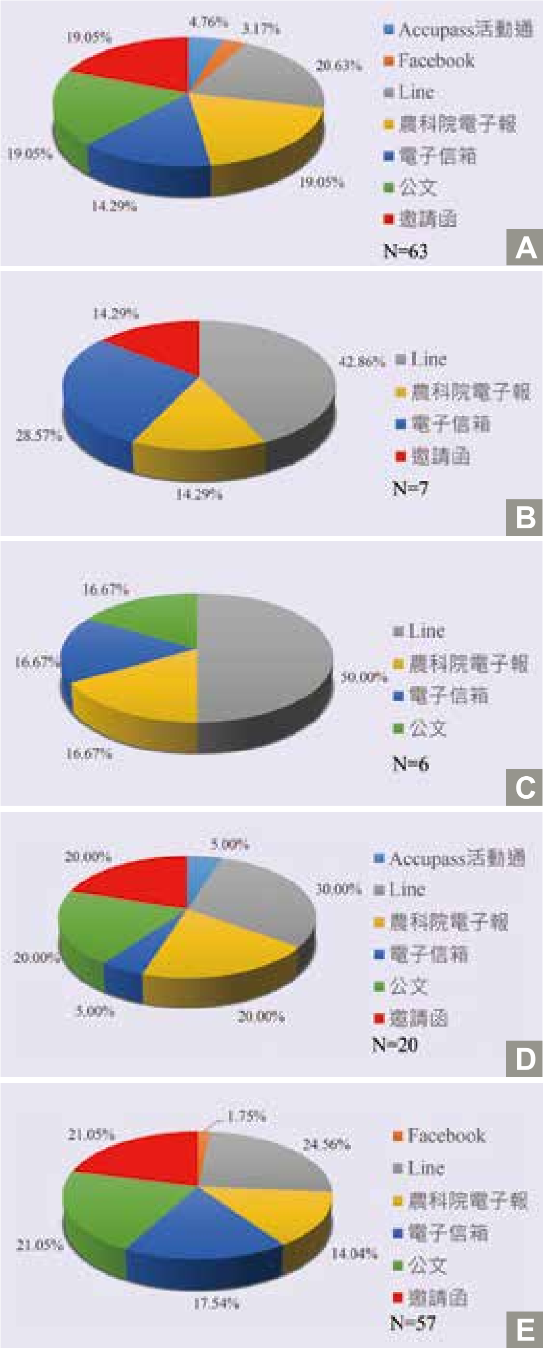
五、綜合成效評估

Line的訊息傳遞為最有效的曝光方式，其在訊息傳遞中的高效性和高互動性已被研究證實(Gretzel et al., 2015; Tussyadiah et al., 2018)，也是各單位最多的案源來源(20-50%)，且與現今國人多以Line為溝通平台的通訊結構相符，推測其有效的原因除了用戶眾多，更可能與智慧型手機的普及以及Line屬於能將訊息直接傳遞到用戶手上的方便特性有關，本次活動透過許多與農業相關類型的群組(如青農群組)或是業者間彼此轉

表一、招商媒合會活動資訊宣傳管道

宣傳管道	宣傳標的	選擇原因
1. LINE即時通訊app	個體農民及農業類相關群組之LINE用戶	可即時傳遞資訊至宣傳標的
2. Facebook社群(含4所1院Facebook粉絲專頁)	Facebook用戶	使用者眾多，且各政府機關均有Facebook社群粉絲專頁
3. 公文	縣市政府、農會、產業界相關團體(如:養豬協會等)	正式官方文件
4. 電子信箱	農業部科技農企業資料庫業者、農業部農業科技園區進駐企業、經濟部中小企業署推動中小企業城鄉創生轉型輔導計畫 (small business for township revitalization, SBTR) 業者	為主要即時資訊傳遞管道之一
5. 邀請函	農業部科技農企業資料庫業者、農業部農業科技園區進駐企業、經濟部中小企業署推動中小企業城鄉創生轉型輔導計畫(SBTR) 業者	無電子信箱者或電子信箱無法投遞時改寄紙本邀請函
6. 農科院電子報	曾與農科院有過合作關係業者、電子報訂閱者	訂閱人數4,000多人，包含農民及企業等
7. Accupass活動通平台	Accupass用戶	3大活動報名系統中主要支援中、小型活動的平台，且可免費刊登

發等方式曝光，這樣的方式在活動宣傳期間持續有案源進入，且至最後一天仍



圖一、報名參與活動之案源分佈 (A-農業試驗所；B-林業試驗所；C-水產試驗所；D-畜產試驗所；E-農業科技研究院)。

有業者報名，顯示其持續曝光的能力強大，是很有效的宣傳方式。

邀請函宣傳方式的案源量占約21%，除水產試驗所未經由本管道而獲報名業者外，在各單位中皆有相當程度占比，其報名情形相較其他方式有明顯的集中期，報名熱點約在寄送10日前後，但於最後一天仍有業者報名，屬於能持續曝光的管道。

公文宣傳方式的案源量占約19%，除了林業試驗所未經由本管道而獲報名業者外，本方式在其餘單位中皆位居第2的案源貢獻量，且正式文件具有較高的權威性和信任度，有助於提升參與意願(Lee & Slocum, 2015)。

農科院電子報所帶來的案源量占約17%左右，且本宣傳管道皆為5個單位帶來相當比例的案源，推測是因為其訂閱者多為與農業相關的農民及企業等，過去的研究也指出電子報的持續影響力在於其能定期觸達特定群眾(Holmes et al., 2018)。

電子信箱宣傳方式的案源量占約13%，在寄出一週前後有較明顯的報名情形，其最後一次報名紀錄出現在報名期中段，顯示其無法持續性曝光。

Accupass活動通平台於活動期間僅有2天次報名紀錄，但於最後一天仍有業者報名，顯示有用戶在此期間看到活動訊息，屬於能持續曝光的管道，而本次並未使用其有償的強力宣傳功能，且刊登期間較短，雖報名人數不多，是未來可持續測試的宣傳管道。

Facebook僅於發布貼文當日有業者報名，之後便無報名紀錄，過去研究顯示，社交媒體貼文的曝光率會隨著時間推移而顯著下降(Kaplan & Haenlein, 2010)，且如用戶平時沒有關注相關粉絲專頁，亦可能因為演算法關係沒有顯示該則貼文，進而減少訊息曝光情形。

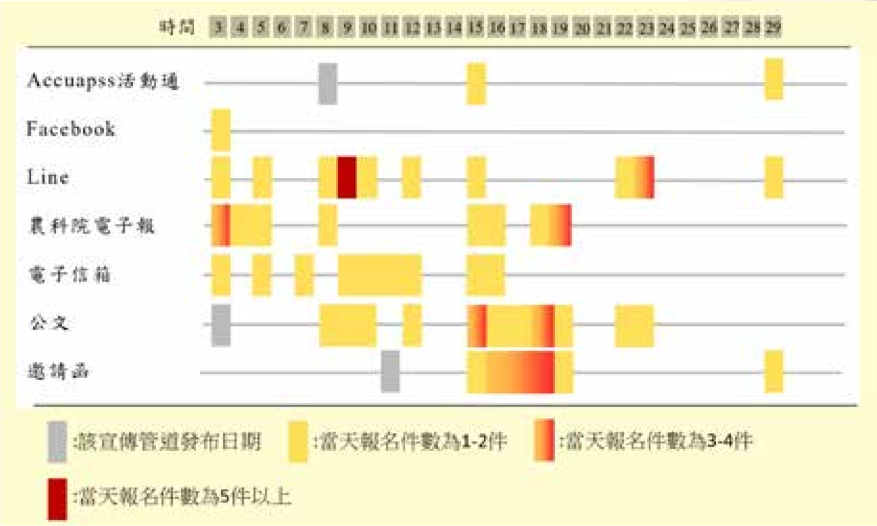
本次活動報名者行業類別多集中在從事一級生產的農、牧業與相關二級加工的食品及飼品製造業等，這2類別占約50%，另有資材商(批發業)、農會、農機業(機械及設備製造業)等約33%，這些都是與農業直接相關者；其他與農業非直接相關的業者約17%，來自廣告企劃業、零售業、生技公司(研究發展服務業)等，這些業者與會討論的主題以推廣行銷之商務育成服務、農業廢棄物再利用及加工加值為主，部分業者的需求也與育成中心的輔導領域相符，這類業者在本次活動報名數雖不多，但可作為潛在開發標的。

圖二、報名者行業類別分布。

六、結論

透過4所1院的案源分布可觀察到，有明確標的進行宣傳的管道(如Line、農科院電子報、公文、電子信箱及邀請函)，皆有相對較高的報名人數，尤其是Line加上農科院電子報的案源量在各單位占約39%-67%的比重顯示，這2個管道是於本活動有效的宣傳途徑。就各單位個別的案源來源分析，未來宣傳時可強化以公文對林產業的宣傳，而在水產業則加強以邀請函的方式宣傳。

建議未來進行活動類型之公部門行銷，可主要以Line的方式進行宣傳，讓受眾快速將資訊分享給其他用戶，透過同行之間的訊息傳遞，可長期且精準曝光，但如何取得目標Line群組，則是影響本宣傳管道成敗的關鍵，而對於無Line資訊之標的，可改以邀請函進行宣傳，並輔以公文透過農會或地方政府協助，以增加宣傳效果。



圖三、各宣傳管道在報名截止日前之件數分布圖。

本次的報名業者洽談單位集中在農試所及農科院，其餘3個試驗所占比不到2成，事後檢討本次活動宣傳對象偏重農糧領域，日後應增加對林漁牧業的宣傳力度。

七、參考文獻

Coffman, L. L. (1986). Public Sector Marketing: A Guide for Practitioners. New York: John Wiley and Sons, Inc, pp. 23-27.

Gretzel, U., Sigala, M., Xiang, Z., & Koo, C. (2015). Smart Tourism: Foundations and Developments. Electronic Markets, 25”(3), pp. 179-188.

Holmes K., Mair J. (2018). Events, festivals and sustainability: The Woodford Folk festival, Australia. The Palgrave handbook of sustainability. Cham: Palgrave Macmillan and Springer Nature, pp. 583-597

Kaplan, A. M., & Haenlein, M. (2010). Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media. Business Horizons, 53(1), pp. 59-68.

Lee S., Slocum S. (2015). Understanding the role of local food in the meeting industry: An exploratory study of meeting planners perception of local food in sustainable meeting planning. Journal of Convention & Event Tourism, 16(1), pp. 45-60

Tussyadiah, I. P., Jung, T. H., & tom Dieck, M. C. (2018). Embodied of wearable augmented reality technology in tourism experiences. Journal of Travel Research, 57(5), pp. 597–611

張樺安 (2022). 公部門運用吉祥物行銷策略－以臺北市政府熊讚為例, 國立政治大學公共行政學系碩士學位論文

嚴冠琳 (2017). 公部門透過Facebook粉絲專頁政策傳播之效果－以消防署粉絲專業為例, 佛光大學傳播學系碩士學位論文

編啟：本文收稿於114年3月，第一作者已於114年3月離職。第三作者已於114年4月離職。

美國 國家植物種原系統(NPGS)參訪介紹

農試所遺傳生技組 林延諭 曾馨儀

一、前言

美國農業部(United States Department of Agriculture, USDA) 農業研究署 (The Agricultural Research Service, ARS) 下轄的國家植物種原系統 (National Plant Germplasm System，NPGS) 為全球規模最大的植物遺傳資源保存體系之一，主要負責植物遺傳資源的收集、保存、評估與分贈，確保種原的長期可利用性，以支持農業研究與產業發展。NPGS目前共保存近60萬份種原，涵蓋超過16,300物種，每年分贈超過20萬份種原，廣泛應用於學術研究、品種改良及教育等領域。NPGS於美國19個州設立22個基因庫，主要考量植物的生長環境需求、歷史發展、管理效率與種原長期安全性(圖一)。這些基因庫分工明確，根據當地的氣候與農業需求，負責特定作物的保存與繁殖。本次參訪地點為位於科羅拉多州柯林斯堡 (Fort Collins) 的國家遺傳資源保存實驗室 (National Laboratory for Genetic Resource Preservation, NLGRP)，其主要任務為 NPGS所有保存單位提供種原的安全備份 (safety duplication)，目前NPGS保存種原中，約有80%已於NLGRP完成備份，保存超過50萬份種原。除了種子庫 (-18℃) 保存之外，更發展組織培養及液態氮超低溫保存技術 (-196℃)，特別針對難以低溫保存的無性繁殖作物。另一個參訪單位為喬治亞州格里芬 (Griffin, GA) 的植物遺傳資源保存單位 (Plant Genetic Resources Conservation Unit, PGRCU)，主要負責豆類、蔬菜、雜糧、牧草及甘藷等植物的保存、繁殖與分贈，總計約保存10萬份種原。其中，甘藷等無性繁殖作物採用組織培養方式保存，以確保其遺傳穩定性與長期利用價值。

作　　者：林延諭助理研究員
連絡電話：04-23317813

二、種原保存與發芽率檢測

NLGRP種子庫保存溫度為-18℃，目前保存約50萬份種原，最大保存容量可達150萬份 (圖二)。NLGRP不僅是NPGS內各基因庫的主要備份中心，也為國際機構提供種原備份服務。目前NPGS約80%的種原已備份於此。此外，NLGRP亦保存受植物品種保護法 (plant variety protection, PVP) 保障的種原，該類種原於20年品種權到期後便可轉為一般種原並開放分贈，為農業研究及品種改良提供多樣化的基因來源。例如，本所育成

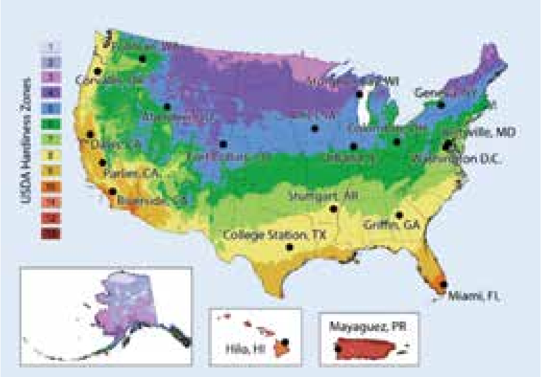
的高油酸落花生品種「台農11號」，即是透過引入PVP保護期已結束的高油酸種原作為親本，與國內品種雜交選育而成。

為防止種子受潮影響後續保存與發芽率，NLGRP於接收種子至重新包裝完成前，會先將其暫存於5℃、相對溼度24%的冷藏庫內。在此期間，種子將依序進行登記、測重，並取出部分樣本進行發芽率檢測。種子發芽率檢測是種原保存的重要環節，檢測條件與方法依據美國官方種子分析協會 (Association of Official Seed Analysts , AOSA) 出版的種子檢測指引 (AOSA rules for testing seeds) 種子發芽率低下，可能受休眠、活力不佳、未成熟、硬殼等因素影響。因此，若檢測結果顯示發芽率偏低，則需進一步釐清原因，以選擇適當的處理方式。其中，四唑檢定法 (Tetrazolium test, TZ) 是NLGRP常用於判定未發芽種子是否因失去活力或處於休眠狀態的標準方法。此法透過 2,3,5-氯化三苯基四唑 (2,3,5-triphenyltetrazolium chloride, TTC) 染色來分析細胞活性，判斷的標準亦依據AOSA指引 (圖三)。

根據NLGRP的經驗，許多野生近緣種的種子常處於休眠狀態，必須先打破休眠，方能準確檢測發芽率。NLGRP常用的方法包括低溫處理、GA處理、KNO_3處理等。對於尚未建立明確發芽條件的物種，通常需查詢文獻或進行獨立試驗，並透過模擬該種原蒐集地的環境條件測試打破休眠的方法，所有檢測結果皆會登錄於資料庫。NLGRP不僅監測起始發芽率，亦會於種子保存15-20年後，再次檢測其發芽率，若發芽率下降至臨界標準，NLGRP將通知該種原的原始保存基因庫，請求提供更新的種子進行備份，或將該種原列入待繁殖的清單。

三、超低溫液態氮保存技術

對於無法以傳統低溫低濕種子庫保存的種原，如果樹與營養繁殖作物，液



圖一、美國國家植物種原系統 (NPGS) 的地理位置分布。(圖片來源：Volk Gayle et al., 2023 Safeguarding plant genetic resources in the United States during global climate change. Crop Science. 63. 10.1002/csc2.21003.)

圖二、美國柯羅拉多州科林斯堡 (Fort Collins) 國家遺傳資源保存實驗室 (NLGRP) 的種子儲藏庫。

態氮超低溫保存是一種安全且可長期維持遺傳資源的策略，可減少田間保存所花費的空間與人力，且降低病蟲害等環境因素的植株損失。然而，其技術門檻較高，需投入相應的技術研發與設備資源。超低溫保存的遺傳材料包括種子、花粉、組織培養體、休眠芽及莖頂分生組織。為操作便利及避免交叉污染，材料大多保存於氣相 (vapor phase) 液態氮 (-165℃至-196℃) (圖四)。

對於需要異株授粉的作物，當品系間開花期不一致時，可藉由保存花粉來進行授粉，相較於某些需要特殊處理的種子或培植體，耐乾燥的花粉較易進行超低溫保存，無須額外預處理。然部分種子（如異儲型種子）與某些組織樣本則需特殊冷卻與保護措施，以確保細胞完整性。然某些植物如小麥，其花粉因無法忍受乾燥環境則無法以超低溫方式保存。目前NLGRP保存花粉的作物包括山核桃 (pecan)、椰棗 (date palm)及李屬 (Prunus tree)作物。花粉由含苞的花中採集、分離並乾燥，其最佳含水量因物種而異，為維持活力，所有處理需於3天內完成。進行花粉活力檢測時，將花粉由液態氮取出，置於相對濕度98%-100%環境中4小時，再轉移至培養基並以鋁箔紙包覆，於室溫靜置一夜，隔日再透過顯微鏡觀察花粉管生長情形，評估其活力。

休眠芽的部分，目前NLGRP保存品系最多的為蘋果。於冬季時，由田間果樹上剪取休眠枝條，切分為約3.5公分的小段，乾燥至含水量25%-30%，再包裝至聚烯烴管 (polyolefin tubes) 中，以每小時1℃的速率由-5℃冷卻降至-30℃，

圖三、種子檢測及發芽試驗，包含種子乾燥室 (上左)、發芽室 (上右)、紙上法 (下左) 及TZ法染色 (下右)。

圖四、液態氮保存設施及材料，包含液態氮桶 (上)、液態氮儲存槽 (下左)、莖頂分生組織 (下中) 及休眠芽 (下右)。

並於-30℃維持24小時，隨後轉移至氣相液態氮中長期保存。休眠芽的活力評估方式為，將休眠芽由液態氮取出，置於-5℃冰箱回溫24小時，轉移至潮濕的泥炭苔中培養14至21天，再之嫁接至砧木上，觀察恢復情況及存活率。

種子的部分，由於中間型種子(intermediate seeds)及異儲型種子(recalcitrant seeds)對乾燥敏感，壽命較短，無法於傳統的種子庫內長期保存。為解決此問題，NLGRP 開發了胚體等、組織體與種子等材料的超低溫保存技術，藉由緩慢降溫與抗凍劑預處理，防止低溫保存時細胞內冰晶形成，降低損傷並維持種子活力。

四、種原資料庫與線上知識學習系統

NPGS主要使用種原資源資訊網絡(The Germplasm Resources Information Network, GRIN) (https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/search) 作為其核心種原資料庫系統。GRIN 提供完整的種原資訊，包括基本資料、分類學資訊、性狀數據、圖片等，並允許將查詢結果匯出為報表GRIN-Global是GRIN的全球擴展版本，是由全球作物多樣性信託基金(Global Crop Diversity Trust)、國際生物多樣性組織 (Bioversity International)與美國農業部農業研究署 (USDA-ARS) 共同開發，免費開放提供給其他種原庫使用。該系統於Windows環境運行，使用者可直接編輯資料，無需額外寫程式碼。除對外提供種原查詢功能外，對內亦整合庫存管理系統，方便管理人員監測種原狀態、更新數據並維護庫存紀錄，並具有豐富的教育訓練資源，可供新進管理人員或新使用者學習。

種原的保存與管理涉及廣泛的專業知識，並需透過系統化的培訓與經驗傳承，以確保在人員更替時，專業技能妥善傳遞。為此，NPGS開發了GRIN-U(https://grin-u.org/)線上學習平臺，提供全球種原管理人員免費的學習資源。GRIN-U以多樣化的學習方式 (如文章、影片、電子書、手冊及線上課程) 傳遞種原保存、種子品質檢測、超低溫保存技術、作物學、病蟲害管理、氣候變遷與育種等知識。此學習平臺為全球種原保存專業人才的培育提供了強大的支持，確保種原管理的知識傳承。

五、種原繁殖與種子成分分析

本次參訪另一個單位為PGRCU，該單位負責美國南部地區的種原保存工作，業務範圍包括種原收集、保存、繁殖、分贈、特性評估、發芽率檢測、種子精選與乾燥等。PGRCU的種原保存設施包含種子儲存設施、組織培養實驗室、發芽實驗室與特性調查實驗室，此外，田間也進行種原繁殖，繁殖作物涵蓋豆科、茄科、葫蘆科等，平均每年繁殖約2,700個品系。在種原繁殖部分，本次觀摩了豇豆與綠豆的種原繁殖。由於豇豆為蔓性作物，生長勢強容易向外擴展，若不同品系相鄰種植，可能會發生纏繞與混雜。因此，PGRCU 採取在豇豆品系間穿插種植綠豆的方式，利用綠

豆較為直立、不易蔓生的特性，作為自然隔離帶，以降低豇豆品系間的混雜風險，確保種原純度。在菎麻的種原繁殖上，則透過在品系間種植太陽麻 (Sunn hemp) 來進行隔離，以防止基因混雜。

PGRCU的溫室主要用於保存野生近緣種、草類作物及田間繁殖困難的品系。同時，PGRCU也開發了垂直式水耕系統，用於蔬菜種原的繁殖，提升繁殖效率並節省空間。至於甘藷主要採用組織培養方式進行保存，以確保種原的長期穩定性。

本次參訪也觀摩了Byron研究站的果樹與核果類作物種原保存，研究人員特別向我們介紹他們的竹子種原收集系。目前該站保存92個竹子品系，涵蓋11屬、44個物種，主要以熱帶品種為主，並包含少數溫帶品種 (圖五)。雖然竹子並非美國農業主流利用的物種，且原生種有限，但其仍系統性的建立具規模且多樣性的竹子種原庫。反映了美國在種原收集與保存上的前瞻性與完整性。

圖五、田間繁殖豇豆及綠豆 (上左)、溫室以盆栽繁殖野生種花生 (下右)、田間繁殖菎麻及竹子田間保存 (下左)。

在特性評估方面，PGRCU建立了一套種子成分分析系統，可分析種子的蛋白質、碳水化合物及油脂含量。例如，在花生的成分分析中，發現遺傳背景差異大的高油酸花生品系，這些品系可提供育種計畫更多的選擇，進一步提升新品種的多樣性。

六、結語

本次訪問美國國家植物種原系統 (NPGS)，不僅深入了解其標準化管理流程與保存技術，也建立了雙方良好的溝通管道。NPGS根據不同作物特性，採取多元保存策略，其中超低溫技術對於中間型、異儲型及無性繁殖作物的長期保存尤為重要。然而，該技術在我國仍較為缺乏，未來在氣候變遷、病蟲害威脅與管理成本考量下，將是值得推動的方向，特別適用於國內果樹種原的保存。

種原是所有農業研究與育種的基礎，但全球種原庫普遍面臨人力與經費不足、種子老化等挑戰。透過本次參訪，我們得以借鑑NPGS的運作模式，強化保存技術與管理效能，期望未來能持續深化合作，交流經驗，共同守護人類的希望種子。

農試所研發小型菇類堆肥發酵裝置 操作省工省力更簡便

本所114年4月21日新聞稿

農試所植病組石信德 蔡志濃

勞動力短缺是許多農業面臨的共同問題，但菇類產業的規模與一般農業不同，缺工影響更為顯著。為此，農業部農業試驗所成功研發適合新進農業青農使用的小型菇類堆肥發酵裝置 (圖一)，減少堆肥翻堆作業的人力投入，大幅降低生產成本，簡化現代化農業操作。

農試所說明，新開發小型菇類堆肥發酵裝置包括桶槽和控制模組，因其具智慧發酵控制，並可搭配機械動力操作，相較於需要多人共同操作的傳統戶外堆肥製程，節省40%翻堆的步驟，達到75%省力和省工的效果。除了在菇類產業上的使用外，小型菇類堆肥發酵裝置同時可廣泛應用於其他農業領域；例如在蔬果栽培的堆肥製作中，該裝置能有效提升發酵效率，減少人力投入，使現代化農業操作更為簡便。此外，該裝置亦適用於有機農業堆肥生產，以促進環境友善型農業的發展，並推動農業剩餘資源物的再利用。目前該創新技術已獲得我國新型專利，且已與一家廠商完成技術移轉。

圖一、小型菇類堆肥發酵裝置實體圖。

圖二、高品質堆肥生產洋菇。

農試所強調，小型菇類堆肥發酵裝置由於操作簡單，特別適合小規模農場以及農業職校學生和一般民眾的實作教學，參加者可以親身體驗堆肥發酵技術，並參與菇類 (圖二)及其他農作物的栽種過程，有助於食農教育的發展。未來期許該項技術將為永續農業提供多元應用，以提升社會對友善農作的認識與關注。

作　　者：石信德研究員
連絡電話：04-23317521

甘藷加工創新再升級！

農試所攜手嘉大推出「益生菌甘藷粉」提供健康新選擇

本所114年5月19日新聞稿

農試所嘉義分所 陸柏憲 方怡丹

因應現代人對健康飲食的需求，農業部農業試驗所與國立嘉義大學食品科學系共同研發推出新產品—「益生菌甘藷粉」，結合甘藷營養與複合益生菌的雙重優勢，打造具膳食纖維及花青素等機能性的創新甘藷加工品，歡迎有興趣的業者向該所洽詢技術移轉相關事宜。

農試所指出，甘藷是臺灣重要的雜糧作物，不僅富含多種營養素及膳食纖維，更具備良好的益生質(prebiotics)特性。益生質是促進腸道內益生菌生長的重要來源，有助於維持腸道健康，利用甘藷豐富的益生質成分，促進益生菌增殖與活性，對人體健康具有潛在效益。

學研攜手甘藷加工研究，功能性食品領軍健康市場

農試所說明，全臺甘藷栽培面積約1萬公頃，甘藷含有豐富的膳食纖維、維生素及礦物質等營養成分，隨著飲食型態改變，甘藷也從傳統糧食作物，逐漸轉型為健康與養生的代表性食材。為滿足民眾對天然、健康飲食的需求，該所與嘉義大學合作研發「益生菌甘藷粉」，採用特殊製程保留甘藷完整的營養價值與天然甜味，並結合益生質與複合益生菌的雙重好處，產品無添加人工色素、香料及防腐劑，打造純淨安心的健康新選擇。益生菌甘藷粉不僅適合作為日常保健食品之基底原料，可搭配優格、牛奶及豆漿，也適合應用於各式機能性飲品、營養棒及即沖飲品的開發，展現高度市場潛力。

農試所強調，該所選用台農57號(圖一)及73號甘藷，利用所含的膳食纖維及花青素，搭配嘉大團隊精選的複合益生菌，透過跨機構學術合作，開發富含機能性成分的益生菌甘藷粉，將傳統農產品結合食品加工科技，同時推動農產加工與功能性食品的發展，為甘藷產業開拓更多元創新應用與高值化發展方向。

農試所最後表示，「益生菌甘藷粉」技術已趨成熟，歡迎有興趣的業者向該所洽詢技術移轉相關事宜(電話：05-2771341-3182，陸柏憲助理研究員)，共創甘藷健康食品市場新商機！

圖一、台農57號益生菌甘藷粉。

作　　者：陸柏憲助理研究員
連絡電話：05-2771341-3182

正是蜜桃成熟時!

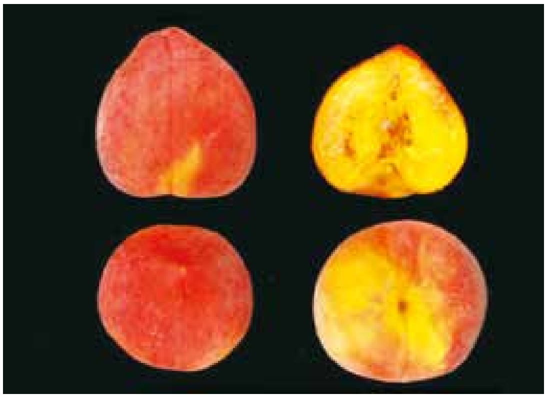
農試所新育成黃肉桃品種 提供消費新選擇

本所114年5月23日新聞稿

農試所遺傳生技組 黃群哲 陳述

隨著天氣逐漸炎熱，臺灣平地水蜜桃正式進入產季。談到水蜜桃，許多人首先聯想到紅皮白肉、香甜多汁的樣貌；農業部農業試驗所育成2款黃肉桃品種 '台農9號-紅金' (圖一)及 '台農11號-杏桃' (圖二)，不但果香濃郁，果肉更含有豐富的類胡蘿蔔素，營養價值高，風味表現毫不遜色於白肉桃。

農試所說明，桃 '台農9號-紅金' 為早生、紅皮、黃肉、硬溶質水蜜桃品種，果形大而圓整，因果皮紅色，果肉



圖一、桃 '台農9號-紅金' 果實外觀及剖面。

圖二、桃 '台農11號-杏桃' 果實外觀及剖面。

金黃色因而取名「紅金」。果實平均重量為157公克，糖度12.6°Brix，酸度0.35%，外觀色澤亮麗，口感香甜，果肉微酸帶有芒果香氣，於五月上旬進入盛產期。紅金於2018年取得品種權，為臺灣本土育成的第一個黃肉水蜜桃品種。目前於苗栗縣卓蘭鎮、臺中市東勢區、新社區、外埔區、桃園市復興區等皆有業者授權生產。

農試所進一步說明，該所最新育成的桃品種 '台農11號-杏桃' 於五月中旬登場，杏桃為中生、黃皮、黃肉、不溶質的桃品種，果形圓，平均果重86公克，果實糖度13.1°Brix，酸度0.31%，甜度高、水分多且入口幾乎無酸味，果實呈現金黃色澤，小巧可愛，絨毛短，是外型酷似杏的桃品種。該品種於2020年取得品種權，果實特性及外觀與現有經濟栽培品種有所區隔，肉質較Q有彈性，因此採收過程較不易損壞且較耐儲運，可減少果實的耗損率，為消費市場注入新亮點。'台農11號-杏桃' 已公告非專屬品種授權，歡迎有興趣的種苗或栽培業者洽詢 (詳情見農試所官網-技轉產學公告https://www.tari.gov.tw/news/index-1.asp?Parser=9,4,28,,,,5185)，共創市場新商機！

作　　者：黃群哲副研究員
連絡電話：04-23317808

長期照顧　溫暖守護

認識三大長照服務機構契約新規範！

長照服務機構依其提供方式分為三種

居家式	到宅提供服務
社區式	於社區設置一定場所及設施提供服務
機構住宿式	以受照顧者入住方式提供服務

契約審閱期間

原則：至少3日。

例外：有立即使用服務需求時，業者應提供即時審閱。

業者應主動提供，
並揭露於機構明顯處所之重要資訊：

1. 設立許可證書
2. 投保公共意外責任險證明（居家式除外）
3. 收費標準
4. 服務項目
5. 服務使用須知
6. 爭議處理機制等

法規連結

其他契約相關規範，例如「費用調整」、「契約終止條件」或「遺留物品及遺體遺物之處理」等，請上行政院消費者保護會網站查詢。

行政院消費者保護處　廣告

技術服務季刊
學術典藏

9 771017 086004

GPN：2007900008
定價：NT$50